

Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit, Tempurung Kelapa, dan Cangkang Kakao dengan Proses Torefaksi***Making Activated Charcoal from Palm Shells, Coconut Shell and Shell Cocoa With Torrefaction Process*****M.Saleh⁽¹⁾, Jeliana Doi⁽¹⁾ Yoel Pasae⁽¹⁾****Program Studi Teknik Kimia⁽¹⁾****Fakultas Teknik⁽¹⁾****Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar⁽¹⁾****Email: salehsalma058@gmail.com****Abstrak**

Tujuan dari penelitian pembuatan arang aktif adalah mengetahui cara pembuatan arang aktif dari cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao dengan proses torefaksi; mengetahui karakteristik arang aktif yang dibuat dari cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao melalui variasi waktu dan temperatur tiap tahap dan analisa organoleptik.

Metode pada penelitian pembuatan arang aktif adalah persiapan bahan baku meliputi pengeringan dan pembersihan cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao dari kotoran, pemotongan kecil-kecil cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao untuk mempermudah dan mempercepat proses pengarangan. Pada proses pengarangan cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao dimasukkan kedalam kuili besi sampai asapnya habis. Setelah itu dihaluskan dengan menggunakan lumpang dan alu. Kemudian diayak.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembuatan arang aktif dari cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao dapat dilakukan melalui proses torefaksi yang dilaksanakan pada udara terbuka, dengan menjaga agar selama proses torefaksi tidak terjadi nyala api; Arang aktif terbaik diperoleh dari tempurung kelapa dengan rendamen 43,44%, kadar air 0,5%, kadar abu 2,5%, kadar zat terbang 25,5%, dan kadar karbon terikat 72%

Kata kunci : Arang Aktif, Cangkang kakao, Cangkang Kelapa sawit, Tempurung Kelapa, Torefaksi**Abstract**

The purpose of this of this research is to know how to make activated charcoal from palm shells, coconut shell and cocoa shell with process of torefaction; to know the characteristics of activated charcoal made from palm shells, coconut shells and cocoa shells through the variation of time and temperature of each stage and organoleptic analysis.

The method of active charcoal research is the preparation of raw materials including the drying and clearing of oil palm shells, coconut shells and cocoa shells from dirt, small cuts of palm shells, coconut shells and cocoa shells to facilitate and accelerate the process of cultivation. In the process of cooking oil palm shells, coconut shells and cocoa shells are inserted into the iron cauldron until the smoke runs out. After that it is smoothed by using mortar and pestle. Then sieved.

The results showed that the activated charcoal from coconut shell, coconut shell and cocoa shell can be done through the process of torefaction conducted in the open air, by keeping during the process of burning not happened; The best activated charcoal is obtained from coconut shell with rendamen 43,44%, 0,5% moisture content 0,5%, ash content 2,5%, fly content 25,5%, and bound carbon content 72%.

Keywords: Active charcoal, Cocoa shell, Palm oil shell, coconut shell, Torefaction

Pendahuluan

Kelapa sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) merupakan tanaman industri andalan bagi perekonomian Indonesia yang tetap bertahan pada saat terjadinya krisis ekonomi berkepanjangan dan merupakan salah satu komoditas perkebunan yang menyumbang devisa besar bagi negara.

Menurut Pardamean (2008), basis satu ton tandan buah segar kelapa sawit akan menghasilkan 20-23% Crude Palm Oil (CPO), dan 5-7% Palm Kernel Oil (PKO) dan sisanya berupa limbah padat yaitu 20-23% tandan kosong kelapa sawit, 10-12% serat buah kelapa sawit dan 7-9% cangkang kelapa sawit

Kelapa (*Cocos nucifera*) adalah anggota tunggal dalam marga *Cocos* dari suku aren-arenan atau *Arecaceae*. Tumbuhan ini dimanfaatkan hampir semua bagiannya oleh manusia sehingga dianggap sebagai tumbuhan serbaguna, terutama bagi masyarakat pesisir.

Pohon dengan batang tunggal atau kadang-kadang bercabang. Akar serabut, tebal dan berkayu, berkerumun membentuk bonggol, adaptif pada lahan berpasir pantai. Batang beruas-ruas namun bila sudah tua tidak terlalu tampak, khas tipe monokotil dengan pembuluh menyebar (tidak konsentrik), berkayu. Kayunya kurang baik digunakan untuk bangunan. Daun merupakan daun tunggal dengan pertulangan menyirip, daun bertoreh sangat dalam sehingga nampak seperti daun majemuk. Bunga tersusun majemuk pada rangkaian yang dilindungi oleh bractea; terdapat bunga jantan dan betina, berumah satu, bunga betina terletak di pangkal karangan, sedangkan bunga jantan di bagian yang jauh dari pangkal. Buah besar, diameter 10 cm sampai 20 cm atau bahkan lebih, berwarna kuning, hijau, atau coklat; buah tersusun dari mesokarp berupa serat yang berlignin, disebut sabut, melindungi bagian endokarp yang keras (disebut batok) dan kedap air; endokarp melindungi biji yang hanya dilindungi oleh membran yang melekat pada sisi dalam endokarp. Endospermium berupa cairan yang mengandung banyak enzim, dan fase padatnya mengendap pada dinding endokarp seiring dengan semakin tuanya buah; embrio kecil dan baru membesar ketika buah siap untuk berkecambah (disebut *kentos*)

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas andalan perkebunan yang peranannya cukup penting bagi perekonomian nasional, khususnya sebagai penyedia lapangan kerja, sumber

pendapatan dan devisa negara. Disamping itu kakao juga berperan dalam mendorong pengembangan wilayah dan pengembangan agroindustri.

Kakao lebih sering disebut sebagai buah coklat karena dari biji kakao yang telah mengalami serangkaian proses pengolahan dapat dihasilkan coklat bubuk. Cokelat dalam bentuk bubuk ini banyak dipakai sebagai bahan untuk membuat berbagai macam produk makanan dan minuman, seperti susu, selai, roti, dan lain-lain. Selain sebagai bahan makanan dan minuman, coklat juga memiliki banyak manfaat bagi kesehatan.

Arang aktif adalah arang yang konfigurasi atom karbonnya dibebaskan dari ikatan dengan unsur lain, serta pori dibersihkan dari senyawa lain sehingga permukaan dan pusat aktif menjadi luas akibatnya daya adsorbs terhadap cairan atau gas akan meningkat. Sesuai penggunaannya, arang aktif digolongkan ke dalam produk kimia dan bukan bahan energi seperti arang atau briket arang. Teknologi olah lanjut arang menjadi arang aktif akan memberikan nilai tambah yang besar ditinjau dari penggunaan dan nilai ekonomisnya. Cangkang sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao merupakan bagian paling keras pada komponen yang terdapat pada kelapa sawit, kelapa dan cangkang kakao. Saat ini pemanfaatan cangkang sawit, di berbagai industri pengolahan minyak CPO belum begitu maksimal. Ditinjau dari karakteristik bahan baku, jika dibandingkan dengan tempurung kelapa biasa, tempurung kelapa sawit memiliki banyak kemiripan. Perbedaan yang mencolok yaitu pada kadar abu (ash content) yang biasanya mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan oleh tempurung kelapa dan cangkang kelapa sawit. Cangkang sawit dapat diolah menjadi beberapa produk yang bernilai ekonomis tinggi, yaitu karbon aktif, fenol, asap cair, tepung tempurung dan briket arang.

Teori

- Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit merupakan tanaman perkebunan yang memiliki peranan penting di Indonesia sebagai penyumbang devisa non minyak dan gas bumi terbesar. Tanaman tersebut menghasilkan minyak nabati. Potensi produksi minyak nabati yang berasal dari tanaman kelapa sawit menghasilkan enam ton per tahun dalam satu hektar tanaman tersebut

(Sastrosayono, 2003). Asal tanaman kelapa sawit belum diketahui secara pasti. Menurut Pahan (2008), dugaan kuat tanaman kelapa sawit berasal dari dua tempat yaitu Afrika dan Amerika Selatan tepatnya Brasilia. Akan tetapi saat ini kelapa sawit sudah menyebar ke seluruh Negara beriklim tropis termasuk Negara Indonesia. Perkebunan kelapa sawit telah berkembang lebih jauh seiring dengan kebutuhan manusia terhadap minyak nabati dan produk industri oleokimia (Pahan, 2008).

Menurut Setyamidjaja (2006), daerah perkebunan kelapa sawit telah menyebar luas di seluruh Indonesia seperti Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Selatan, Jambi, Riau, Bengkulu, Lampung, Kalimantan Barat, Jawa Barat, Sulawesi Selatan, dan Irian Jaya.

Varietas atau tipe kelapa sawit berdasarkan pada tebal dan tipisnya cangkang (*endocarp*) terdiri dari *Dura*, *Pisifera*, dan *Tenera* (Setyamidjaja, 2006). Tipe *Dura* memiliki ciri daging buah (*mesocarp*) tipis, cangkang (*endocarp*) tebal (2-8 mm), inti (*endosperm*) besar, dan tidak terdapat cincin serabut. Persentase daging buah 35-60% dengan rendamen minyak 17-18%. Untuk tipe *Pisifera* memiliki ciri-ciri daging buah tebal, tidak memiliki cangkang tetapi terdapat cincin serabut yang mengelilingi inti. Pada tipe *Tenera* merupakan hasil silang antara tipe *Dura* dan *Pisifera*. Tipe ini memiliki tebal cangkang sekitar 0,5-4 mm, memiliki cincin serabut, sedangkan intinya kecil (Setyamidjaja, 2006). Berdasarkan penelitian Daud et al., (2004), tempurung kelapa sawit terdiri dari selulosa 29,7%, hemiselulosa 47,7%, dan lignin 53,4%.

Tanaman kelapa sawit dapat tumbuh dengan baik pada suhu 20-28 oC. Kelapa sawit dapat tumbuh dengan baik dengan curah hujan diatas 2000 mm dan merata sepanjang tahun. Selain itu, penyinaran matahari berpengaruh terhadap perkembangan buah kelapa sawit. Panjang penyinaran kelapa sawit yaitu 5-12 jam dengan kondisi kelembaban udara udara 80% (Pahan, 2008).

- Cangkang Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas andalan Indonesia yang perkembangannya sangat pesat. Dalam industri

pengolahan minyak sawit atau *Crude Palm Oil* (CPO) akan diperoleh limbah industri. Limbah ini digolongkan menjadi limbah padat, cair, dan gas. Salah satu jenis limbah padatnya yaitu cangkang kelapa sawit. Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu limbah yang jumlahnya mencapai 60% dari produksi minyak inti. Limbah cangkang kelapa sawit berwarna hitam keabuan, bentuk tidak beraturan, dan memiliki kekerasan cukup tinggi (Purwanto, D. 2011). Cangkang kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif. Karbon aktif dapat dibuat dengan melalui proses karbonisasi pada suhu 550 oC selama kurang lebih tiga jam. Karakteristik karbon aktif yang dihasilkan melalui proses tersebut memenuhi SII, kecuali kadar abu. Tingkat keaktifan karbon cukup tinggi. Hal ini terlihat dari daya serap iodnya sebesar 28,9% (Andriati, 2003).

Cangkang sawit mengandung selulosa sebesar 45% dan hemiselulosa sebesar 26% yang baik untuk dimanfaatkan sebagai arang aktif (Rasmawan, 2009). Menurut Pope (1999), bahan organik yang mengandung lignin, hemiselulosa, dan selulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif karena sangat efektif mengadsorpsi limbah cair. Selain itu lignin dan selulosa sebagian besar tersusun dari unsur karbon yang pada umumnya dapat dijadikan karbon. Cangkang sawit termasuk bahan berlignoselulosa berkadar karbon tinggi dan memiliki massa jenis lebih daripada kayu sebesar 1,4 g/ml. Dimana semakin besar massa jenis bahan baku, daya serap arang aktif yang dihasilkan akan semakin besar sehingga baik untuk dijadikan arang aktif (Nurmala dan Hartoyo, 1990).

Cangkang kelapa sawit baik digunakan sebagai bahan bakar ataupun arang, karena memiliki bahan lignoselulosa yang tinggi. Kemudian mempunyai berat jenis yang lebih tinggi dari kayu, yaitu 1,4 gr/cm³.

Cangkang sawit memiliki banyak kegunaan serta manfaat bagi industri, usaha dan rumah tangga. Beberapa diantaranya adalah produk bernilai ekonomis tinggi, yaitu arang aktif, asap cair, fenol, briket arang, dan tepung tempurung. Secara garis besar, cangkang sawit yang sering dibicarakan orang, memiliki kegunaan sebagai berikut :

- Sebagai bahan baku arang (sawit) atau charcoal.

- Sebagai bahan bakar untuk boiler.
 - Bahan campuran untuk makanan ternak.
 - Cangkang sawit dipakai sebagai pengeras jalan/pengganti aspal, khususnya di perkebunan sawit.
 - Dan kegunaan lainnya.
- **Tanaman Kelapa**

Di Indonesia, tanaman kelapa menyebar secara merata di seluruh pelosok tanah air, baik ditanam pada skala perkebunan besar maupun perkebunan rakyat. Pohon kelapa yang disebut juga dengan pohon nyiur biasanya tumbuh pada daerah atau kawasan tepi pantai. Kelapa sudah merupakan komoditas penting di Indonesia sejak beberapa abad yang lalu, terbukti dari adanya gambar-gambar kelapa ditata di dinding Candi Borobudur. Di negara kita terdapat hampir 3 juta hektar tanaman kelapa atau sekitar sepertiga luas tanaman dunia. Dari areal tersebut sebagian besar (98%) areal tanaman kelapa diusahakan oleh perkebunan rakyat.

Sampai dengan tahun 1970 Indonesia merupakan salah satu negara pengekspor kelapa terbesar di dunia. Namun, sejak tahun 1971 produksi kelapa merosot terus, sehingga pada tahun 1977 Indonesia menjadi pengimpor kelapa untuk keperluan dalam negeri. Salah satu sebab merosotnya produksi kelapa di Indonesia adalah lambatnya peremajaan. Pada waktu itu di sebagian besar sentra produksi, menunjukkan bahwa 35-45% populasi tanaman kelapa telah melewati umur produktif.

Tanaman kelapa mempunyai banyak nama daerah, beberapa di antaranya adalah *kelopo* atau *kerambil* (Jawa Tengah dan Jawa Timur), kalapa (Jawa Barat). Nama lainnya adalah *kokosnoot* atau *klaper* (Belanda), *coconut* (Inggris), *cocosnoot* (Jerman), dan *cocotier* (Prancis). Tanaman kelapa termasuk suku palem-paleman (*palmae*). Tumbuhnya menahun (*perennial*) dapat mencapai umur lebih dari 50 tahun, bahkan dapat hidup antara 80-100 tahun. Tanaman kelapa juga merupakan lambang atau pengenal kepulauan Indonesia.

Buah kelapa disebut buah batu. Pertumbuhan buah selanjutnya berlangsung dalam 3 fase, yaitu sebagai berikut:

 1. Fase pertama, berlangsung selama 4-6 bulan, yang ditandai dengan bagian serabut dan tempurung membesar, namun belum mengeras. Lubang dari kantong-kantong embrio ikut membesar dan ruangan buah penuh air.
 2. Fase kedua, berlangsung 2-3 bulan sesudah fase pertama atau umur 6-8 bulan. Pada fase ini bagian tempurung berangsur-angsur menjadi tebal, tetapi belum keras betul.
 3. Fase ketiga, putih lembaga (kiemwit) atau endosperm mulai disusun pada umur 6 bulan, dimulai dari sebelah pangkal buah berangsur-angsur menuju ke sebelah ujung buah. Warna tempurung berangsur-angsur menjadi cokelat sampai hitam dan strukturnya keras.
 - **Tempurung Kelapa**

Tempurung merupakan lapisan keras yang terdiri atas lignin, selulosa, metoksil, dan berbagai mineral. Kandungan bahan-bahan tersebut beragam sesuai dengan jenis kelapanya. Struktur yang keras disebabkan oleh silikat (SiO_2) yang cukup tinggi kadarnya pada tempurung. Berat tempurung sekitar 15-19% dari berat keseluruhan.

Dari tabel di atas secara umum diketahui bahwa arang tempurung kelapa yang paling efektif untuk menyerap logam berat adalah arang yang telah diaktivasi dan ditambahkan ZnCl_2 . Selain untuk logam berat, arang tempurung kelapa juga baik diterapkan dalam pengolahan limbah air industri dan dalam pengolahan emas.

Tempurung kelapa dapat dibakar langsung sebagai kayu bakar atau diolah menjadi arang. Arang batok kelapa dapat digunakan sebagai kayu bakar biasa atau diolah menjadi arang aktif yang diperlukan oleh berbagai industri pengolahan. Tempurung kelapa juga digunakan untuk membuat berbagai peralatan dapur, seperti gayung dan sendok sayur. Selain itu, tempurung kelapa juga dapat dibuat aneka kerajinan yang menarik, seperti hiasan dinding maupun hiasan gantung, kancing baju, dan berbagai bentuk gantungan kunci.
 - **Kakao**

Tanaman ini pertama kali masuk ke Indonesia pada tahun 1560 di bawa oleh orang-orang Spanyol (Swasono 1990). Peningkatan luas area tanaman produktivitas dan produksi kakao cenderung selalu diikuti dengan

peningkatan limbah yang dikeluarkan. Limbah perkebunan tanaman coklat diantaranya kulit buah, kulit biji dan plasenta. Kulit buah merupakan limbah yang paling besar yang dikeluarkan sekitar 75% (Darwis dkk. 1998) dari buah kakao segar. Produksi satu ton biji kakao kering setara dengan 10 ton kulit buah kakao segar. Untuk menangani produksi yang tinggi diperlukan penanganan limbah secara efektif sehingga tidak mengganggu proses produksi dan lingkungan sekitar pabrik pengolahan. Kulit buah kakao segar mengandung kadar air sekitar 85% (Tequia dkk. 2004) sehingga mudah menjadi busuk. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kulit buah kakao dapat dimanfaatkan menjadi pakan ternak. Kulit buah kakao mengandung 6,2% protein dan 45% serat kasar (Aregheore 2002) sehingga lebih banyak digunakan sebagai pakan ternak ruminansia. Buah kakao terdiri dari tiga bagian yaitu kulit buah sebesar 75,6%, plasenta 2,59 % dan biji 21,74%. Pengolahan mampu meningkatkan nilai manfaat kulit buah kakao sebagai pakan ternak.

Tanaman kakao (*Theobroma cacao. L*) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang dikembangkan dalam rangka peningkatan sumber devisa negara dari sektor nonmigas.

- Cangkang Kakao

Cangkang kakao merupakan salah satu hasil samping kakao yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Cangkang kakao umumnya langsung dibuang sebagai limbah, padahal cangkang kakao ini dapat diolah menjadi sesuatu yang lebih bermanfaat.

Cangkang kakao merupakan limbah perkebunan yang dihasilkan tanaman kakao (*Theobroma cacao. L*). Buah kakao terdiri dari 74 % kulit buah, 2% cangkang dan 24% biji. Berdasarkan data yang didapat, produksi kakao secara Nasional berkisar 712.000 ton dari 1,67 juta hektare lahan perkebunan. Produksi kakao yang tinggi tentu akan menghasilkan limbah cangkang kakao yang banyak pula.

Kakao mengandung alkaloid theobromin (3,7-dimethylxantine). Tabel theobromin dapat dilihat pada tabel berikut:

- Arang Aktif

1. Pengertian Arang

Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85- 95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara di dalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Arang selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktivasi dengan aktif faktor bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia. Arang yang demikian disebut sebagai arang aktif

Luas permukaan arang aktif berkisar antara 300-3500 m² /g dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat arang aktif.

Arang aktif dibagi atas 2 tipe, yaitu arang aktif sebagai pemucat dan sebagai penyerap uap. Arang aktif sebagai pemucat, biasanya berbentuk powder yang sangat halus, diameter pori mencapai 1000 mm, digunakan dalam fase cair, berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan, membebaskan pelarut dari zat-zat pengganggu dan kegunaan lain yaitu pada industri kimia dan industri baju. Diperoleh dari serbuk-serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan mempunyai struktur yang lemah.

Arang aktif sebagai penyerap uap, biasanya berbentuk granular atau pellet yang sangat keras diameter pori berkisar antara

10-200 mm, tipe pori lebih halus, digunakan dalam fase gas, berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut, katalis, pemisahan dan pemurnian gas. Diperoleh dari tempurung kelapa, tulang, batu bata atau bahan baku yang mempunyai struktur keras. Sehubungan dengan bahan baku yang digunakan dalam pembuatan arang aktif untuk masing-masing tipe, pernyataan di atas bukan merupakan suatu keharusan. Karena ada arang aktif sebagai pemucat diperoleh dari bahan yang mempunyai densitas besar, seperti tulang. Arang tulang tersebut, dibuat dalam bentuk granular dan digunakan sebagai pemucat larutan gula. Demikian juga dengan arang aktif yang digunakan sebagai penyerap uap dapat diperoleh dari bahan yang mempunyai densitas kecil, seperti serbuk gergaji.

Arang aktif merupakan arang yang memiliki permukaan area yang tinggi yang digunakan oleh berbagai industri pada proses pemurnian cairan atau gas, menghilangkan senyawa beracun, dan juga sebagai katalis (Fuente et al., (2001) dalam Kunbin et al., 2010). Arang aktif memiliki permukaan luas volume pori, ukuran pori yang tersebar dipermukaan arang yang aktif (Sircar et al.1996). Arang aktif adalah arang yang diproses lebih lanjut sehingga pori-porinya terbuka dan luas permukaan bertambah dengan kadar karbon dan keaktifan yang bervariasi tergantung pada suhu aktivasi dan lamanya waktu aktivasi yang diberikan (Pari, 2007).

Menurut Roy (1985), arang aktif berbentuk kristal mikro dan karbon non grafit yang pori-porinya telah mengalami pengembangan kemampuannya untuk menjerap gas dan zat-zat yang tidak terlarut atau terdispersi dalam cairan melalui aktivasi. Menurut Hassler (1974), arang aktif bersifat higroskopis, tidak berbau, tidak berasa, tidak larut dalam air, basa, asam, dan pelarut organik serta tidak rusak karena perubahan pH, suhu dan komposisi limbah. Menurut Djatmiko et al., (1985), Arang aktif merupakan padatan amorf yang terdiri dari pelat-pelat 13 datar yang disusun oleh atom-atom karbon yang terikat secara kovalen dalam suatu graphit heksagonal.

Arang cangkang kelapa sawit sebagai bahan bakar padat didefinisikan sebagai bahan organik yang dapat digunakan untuk menghasilkan panas melalui proses pembakaran, maka tinggi-rendahnya temperatur hasil pembakarannya tergantung pada nilai kalori suatu tipe bahan bakar padat yang digunakan. Bahwa bahan bakar padat dengan nilai kalor lebih kecil dari nilai kalori kayu bakar (wood fuels) dapat dianggap sebagai bahan bakar padat berkalori rendah (low-calorific value solid fuel) dan sebaliknya untuk bahan bakar padat lebih besar dari nilai kalori kayu bakar dapat dianggap sebagai bahan bakar padat berkalori tinggi (high-calorific value solid fuel). Oleh karena itu untuk bahan bakar berkalori rendah perlu dilakukan suatu teknik pencampuran bahan bakar padat (solid fuel blending technique) yang dapat dilakukan untuk memperoleh bakar padat campuran dengan nilai kalori yang sesuai dengan spesifikasi nilai kalori dari bahan bakar padat rancangan yang diinginkan. Sedangkan metode pembakaran dari bahan bakar padat terbagi atas 2 (dua) tipe bahan bakar padat yang berbeda (co-firing system) yaitu 1. Hasil campuran dari beberapa jenis bahan bakar padat, yang dibakar secara bersamaan melalui satu saluran (burner) pada suatu tungku pembakaran (furnace). 2. Bahan bakar padat yang dibakar terpisah melalui masing-masing saluran (burner) pada suatu tungku pembakaran (furnace). (Sumber : Munir, 2008).

2. Karakterisasi Karbon Aktif

Karakteristik karbon aktif adalah sifat dari karbon aktif yang akan mempengaruhi kualitas karbon aktif. Karakterisasi ini dapat berupa :

- 1) Rendemen. Penetapan rendemen karbon bertujuan untuk mengetahui jumlah karbon yang dihasilkan setelah melalui karbonisasi (Pujiarti dan Gentur, 2005). Karbon aktif yang baik akan memberikan nilai rendemen yang tinggi. Terdapatnya 14 rendemen yang rendah dapat disebabkan oleh masih meningkatnya laju reaksi antara karbon dan gas-gas serta banyaknya jumlah senyawa zat menguap yang terlepas.

- 2) Kadar air. Kadar air merupakan kandungan air dalam arang dengan kondisi kering udara. Pada saat arang keluar dari tungku pengarangan, kadar air yang terkandung sangat kecil, biasanya kurang dari 1%. Proses penyerapan air dari udara sangat cepat, sehingga dalam waktu singkat kadar air mencapai kadar air keseimbangan dengan udara sekitarnya. Arang yang berkualitas baik yang dipasarkan adalah arang yang mempunyai kadar air 5-10% (Prameidia, 2013). Berdasarkan SII No. 0258-79, karbon aktif yang baik mempunyai kadar air maksimal 10%, sedangkan berdasarkan SNI 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar air maksimal 4,5% untuk *granular* dan 15% untuk *powder*.
 - 3) Kadar abu. Karbon aktif yang dibuat dari bahan alam tidak hanya mengandung senyawa karbon saja, tetapi juga mengandung beberapa mineral. Sebagian mineral ini hilang selama proses karbonisasi dan aktivasi, sebagian lagi tertinggal dalam karbon aktif (Jankowska et al, 1991). Kadar abu merupakan jumlah sisa dari akhir proses pembakaran. Residu tersebut berupa zat-zat mineral yang tidak hilang selama proses pembakaran (Prameidia, 2013). Berdasarkan SII No. 0258-79, karbon aktif yang baik mempunyai kadar abu maksimal 2,5%, sedangkan berdasarkan SNI 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar air maksimal 2,5% untuk *granular* dan 10% untuk *powder*.
 - 4) Kadar zat terbang atau bagian yang hilang pada pemanasan 950 oC. Zat mudah menguap adalah zat selain air, yaitu karbon terikat dan abu yang terdapat di dalam arang, yang terdiri atas cairan dan sisa ter yang tidak habis dalam proses karbonisasi. Kadar zat mudah menguap ini tergantung pada proses pengarangan dan temperatur yang diberikan. Apabila proses karbonisasi lama dan temperatur karbonisasi ditingkatkan akan semakin menurunkan persentase kadar zat menguapnya (Prameidia, 2013). Berdasarkan SII No. 0258-79, karbon aktif yang baik mempunyai kadar zat mudah menguap maksimal 15%, sedangkan berdasarkan SNI 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar air maksimal 15% untuk *granular* dan 25% untuk *powder*.
 - 5) Kadar karbon terikat. Kadar karbon terikat adalah fraksi C dalam arang. Kadar karbon terikat dipengaruhi oleh kadar zat mudah menguap dan kadar abu (Prameidia, 2013). Karbon dalam arang adalah zat yang terdapat pada fraksi padat hasil pirolisis selain abu (zat anorganik) dan zat-zat yang masih terdapat pada pori-pori arang (Saputri, 2013). Semakin besar kadar zat mudah menguap dan kadar abu maka akan menurunkan kadar karbon terikat (Prameidia, 2013). Berdasarkan SNI 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar karbon aktif murni minimal 80% untuk *granular* dan 65% untuk *powder*.
3. Syarat Mutu Arang Aktif
Menurut Standard Industri Indonesia (SII) persyaratan arang aktif adalah sebagai berikut :
 4. Kegunaan Arang Aktif
Saat ini, arang aktif telah digunakan secara luas dalam industri kimia, makanan/minuman dan farmasi. Pada umumnya arang aktif digunakan sebagai bahan penyerap, dan penjernih. Dalam jumlah kecil digunakan juga sebagai katalisator.
Maksud/tujuan dari arang aktif serta pemakaiannya yaitu:
 - 1) Untuk gas
 - a. Pemurnian gas
Untuk desulfurisasi, menghilangkan gas beracun, bau busuk, asap, dan menyerap racun
 - b. Pengolahan LNG
Untuk desulfurisasi dan penyaringan berbagai bahan mentah dan reaksi gas
 - c. Katalisator

- Untuk reaksi katalisator atau pengangkut vinil klorida, dan vinil acetat.
- d. Lain-lain
 - Untuk menghilangkan bau dalam kamar pendingin dan mobil
- 2) Untuk zat cair
 - a. Industri Obat dan makanan
 - Untuk menyaring dan menghilangkan warna, bau, rasa yang tidak enak pada makanan
 - b. Minuman ringan, minuman keras
 - Untuk menghilangkan warna, bau pada arak/ minuman keras dan minuman ringan
 - c. Kimia perminyakan
 - Untuk penyulingan bahan mentah, zat perantara
 - d. Pembersih air
 - Untuk menyaring/menghilangkan bau, warna, zat pencemar dalam air, sebagai pelindung dan penukaran resin dalam alat/penyulingan air.
 - e. Pembersih air buangan
 - Untuk mengatur dan membersihkan air buangan dan pencemar, warna, bau, logam berat.
 - f. Penambakan udang dan benur
 - Untuk pemurnian, menghilangkan bau dan warna.
 - g. Pelarut yang digunakan kembali
 - Untuk penarikan kembali berbagai pelarut, sisa metanol, etil acetat dan lain-lain.
- 3) Lain-lain
 - a. Pengolahan pulp
 - Untuk pemurnian, menghilangkan bau.
 - b. Pengolahan pupuk
 - Untuk pemurnian
 - c. Pengolahan emas
 - Untuk pemurnian
 - d. Penyaringan minyak makan dan glukosa
 - Untuk menghilangkan bau, warna dan rasa tidak enak
- Proses Torefaksi
 - Menurut Nur (2014), proses torefaksi merupakan proses pemanggangan/ penyangraian

bahan baku bioenergi (biomassa) dengan suhu yang terkendali dan tetap dikisaran suhu 220 oC sampai dengan 350 oC. Proses torefaksi ini membawa perubahan karakteristik struktur biomassa tersebut, menjadi arang yang keras dan ulet.

Menurut Hardianto (2011), pada proses pirolisis produk yang dihasilkan dapat berupa gas, cairan dan padatan (arang). Proses pirolisis pada temperatur relatif rendah yang menghasilkan produk utama berupa padatan, dikenal dengan nama proses torefaksi.

Menurut (Felfi dalam Azhar, 2009), menjelaskan bahwa torefaksi (torrefaction) adalah pengolahan secara termal terhadap biomassa pada suhu 230°C sampai dengan 280°C pada keadaan tanpa udara dan dalam waktu yang singkat.

Menurut Azhar (2009), biomassa yang telah mengalami proses torefaksi akan memberikan beberapa keuntungan antara lain adalah kandungan airnya rendah, sedikit mengeluarkan asap dan nilai panasnya meningkat.

Usaha untuk menaikkan nilai kalor biomassa agar bisa setara dengan batu bara salah satunya adalah dengan proses karbonisasi temperatur rendah atau disebut proses torefaksi. Karbonisasi atau pengarangan sudah dikenal cukup luas untuk proses pembuatan arang. Sementara torefaksi adalah suatu proses termokimia pada suhu 200 oC sampai dengan 320 oC tanpa adanya oksigen dan tekanan atmosfer dan laju pemanasan partikel yang rendah (lebih kecil dari 50 oC/menit). Dengan metode torefaksi ini maka diharapkan akan memperbaiki karakteristik bahan bakar padat seperti peningkatan nilai kalor, menurunkan kadar air, grind ability dan memperbaiki sifat higroskopik.

Torefaksi digunakan sebagai langkah pengkondisian awal untuk metode konservasi biomassa seperti gasifikasi dan co-firing. Nama lain daripada proses torefaksi adalah *roasting*, *slow-mild pyrolysis*, *wood cooking* dan *high temperature drying*. Perlakuan panas yang dilakukan tidak hanya mengubah struktur serat tetapi juga keuletan dari biomassa tersebut. Selama proses torefaksi, biomassa akan mengalami devolatilisasi yang menyebabkan berat biomassa menjadi berkurang. Tetapi kandungan energi awal dari biomassa yang telah ditorefaksi tersebut tetap terjaga didalam produk

padatannya, sehingga densitas energi dari biomassa menjadi lebih tinggi dibandingkan dari biomassa awal.

Proses torefaksi dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu:

1. Pemanasan awal, yaitu biomassa dipanaskan sampai tahapan pengeringan tercapai, dimana air yang berada pada bagian luar biomassa mengalami penguapan.
2. Pengeringan, yaitu:
 - a. Pada temperatur biomassa mendekati pengeringan awal (pre-drying), yaitu 100°C, air yang dikandung oleh biomassa akan mulai menguap.
 - b. Pada temperatur biomassa mendekati pengeringan akhir (post-drying), yaitu 200°C, kandungan air pada bagian dalam biomassa akan menguap akibat perpindahan kalor pada partikel biomassa tersebut.
3. Torefaksi, yaitu tahapan yang merupakan inti dari keseluruhan proses torefaksi. Proses torefaksi akan dimulai pada saat temperatur mencapai suhu 200 oC, dan didefinisikan sebagai temperatur konstan maksimum. Disini material biomassa akan mengalami pengurangan berat.
4. Pendinginan, yaitu biomassa yang telah mencapai temperatur torefaksi, akan didinginkan menuju temperatur akhir, yaitu temperatur kamar.

Mekanisme dari torefaksi didasarkan kepada reaksi dari 3 komponen utama biomassa, yaitu hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Jika temperatur biomassa mencapai 200°C, maka hemiselulosa akan mengalami devolatisasi secara terbatas dan pengarbonan (biomassa mulai berwarna kecoklatan).

Jika devolatisasi dilanjutkan pada temperatur 250°C sampai dengan 260°C, maka lignin dan selulosa sedikit mengalami dekomposisi yang tidak menyebabkan kehilangan berat biomassa secara signifikan.

Perbedaan reaksi pada hemiselulosa, selulosa, dan lignin yang menghasilkan 2 (dua) daerah torefaksi, yaitu :

- a. Torefaksi ringan dengan temperatur dibawah 240°C dan ditandai oleh dekomposisi yang signifikan dari hemiselulosa.

- b. Torefaksi berat yang terjadi diatas temperatur 270°C yang ditandai dengan dekomposisi dari selulosa dan lignin.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Operasi Teknik Kimia dan analisa hasil penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia, UKI Paulus Makassar. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September sampai November 2017.

Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bahan
Bahan penelitian yang digunakan adalah :
 - a) Cangkang kelapa sawit yang diperoleh dari Sampit, Kalimantan Utara
 - b) Tempurung kelapa yang diperoleh dari limbah Pasar Daya' Makassar, Sulawesi Selatan.
 - c) Cangkang kakao yang diperoleh dari Toraja, Sulawesi Selatan.
 - d) Air sungai yang diperoleh dari Sungai Tello Makassar, Sulawesi Selatan.
- b. Alat
Alat-alat yang digunakan untuk pembuatan arang adalah kualiti besi, kompor gas, wadah-wadah penampung, termometer, lumpang dan alu, timbangan, cawan porselin, oven dan desikator.

3.3 Prosedur Penelitian

- Tahap Penyiapan Bahan Baku
Tahap ini bertujuan untuk mempersiapkan bahan-bahan yang akan digunakan dalam percobaan sehingga mempunyai bentuk yang 21 seragam dan dapat dengan mudah digunakan dalam tahapan selanjutnya.
Adapun tahap penyiapan bahan baku dilakukan dengan mengeringkan cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa, dan cangkang kakao terlebih dahulu sebelum digunakan. Cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao dibersihkan dari kotoran, hal ini bertujuan agar proses pengarangan dapat berlangsung sempurna dan tidak terganggu dengan kotoran yang ada. Kemudian cangkang

kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao dipotong kecil-kecil untuk mempermudah dan mempercepat proses pengarangan.

- Tahap Pengarangan

Tahap ini bertujuan untuk mengubah cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao menjadi serbuk arang yang digunakan pada tahap selanjutnya.

Bahan-bahan yang telah disiapkan diarangkan dengan cara dimasukkan kedalam kualiti besi sampai asapnya habis. Setelah itu arang dari cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao dihaluskan dengan menggunakan lumpang dan alu. Kemudian diayak. Proses pengayakan dengan menggunakan ayakan biasa, tidak menggunakan ayakan mesh karena ukuran mesh pada penelitian ini tidak diukur parameternya.

- Analisa Arang Cangkang Kelapa Sawit, Tempurung Kelapa Dan Cangkang Kakao

- a. Penentuan Rendamen

Massa bahan baku ditimbang dan dicatat, massa arang aktif setelah torefaksi ditimbang dan dicatat. Perbandingan yang dihitung adalah perbandingan massa bahan baku dan massa setelah melalui torefaksi.

$$\text{Rendamen (\%)} = \frac{a}{b} \times 100\%$$

Keterangan:

a = Massa arang setelah torefaksi (gr)

b = Massa bahan baku (gr)

- b. Penentuan Kadar Air

Arang aktif sebanyak 2 gram ditempatkan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui massa keringnya, kemudian ditempatkan dalam oven pada suhu 105 oC selama 3 jam. Setelah itu, didinginkan dalam desikator dan selanjutnya ditimbang sampai massanya tetap.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

Keterangan:

a = Massa awal arang aktif (gr)

b = Massa akhir arang aktif (gr)

- c. Penetapan Kadar Abu

Arang aktif sebanyak 2 gram dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui massa keringnya, kemudian dipanaskan pada suhu 750 oC selama 6 jam. Setelah itu didinginkan dalam desikator selama 1 jam dan selanjutnya ditimbang hingga massanya tetap.

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{a}{b} \times 100\%$$

Keterangan:

a = Massa sisa arang aktif (gr)

b = Massa awal arang aktif (gr)

- d. Penentuan Kadar Zat Terbang

Arang aktif sebanyak 2 gram dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui massa keringnya. Kemudian dipanaskan pada suhu 950 oC selama 10 menit. Selanjutnya 23 cawan didinginkan dalam desikator selama 1 jam dan ditimbang. Cawan ditutup serapat mungkin (bila perlu diikat kawat) selama pemanasan untuk hindari pembakaran arang aktif. Jika arang aktif terbakar maka pengerjaan diulang.

$$\text{Penentuan Zat Terbang (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

Keterangan:

a = Massa arang aktif sebelum pemanasan (gr)

b = Massa arang aktif setelah pemanasan (gr)

- e. Penentuan Kadar Karbon Terikat

Karbon dalam arang adalah zat yang terdapat pada fraksi padat hasil pirolisis selain abu (zat anorganik) dan zat-zat yang masih terdapat pada pori-pori arang. Definisi kadar karbon terikat hanya berupa pendekatan.

$$\text{Kadar Karbon Terikat (\%)} = 100\% - (b+a)$$

Keterangan:

a = Kadar Abu (%)

b = Kadar zat terbang (%)

Hasil

1) Temperatur dan Waktu Tinggal Arang Pada Proses Torfaksi

Hasil pengamatan temperatur dan waktu pengamatan terhadap kondisi asap yang keluar sebagai indikator proses pengarangan cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao dengan proses torefaksi adalah seperti berikut :

Tabel 4.1 Temperatur dan Waktu Pengarang Cangkang pada Proses Torefaksi Cangkang Kelapa Sawit

No	Waktu Pengamatan (menit ke-	Suhu (°C)	Kedaaan Cangkang Kelapa Sawit
1.	0	32	Normal
2.	5	44	Normal
3.	10	95	Mulai berasap
4.	15	95	Asap tipis
5.	20	110	Asap bertambah
6.	22	116	Asap bertambah banyak
7.	24	120	Mulai mengepul
8.	25	132	Asap mengepul
9.	26	183	Asap mengepul
10.	28	221	Asap mengepul
11.	30	274	Asap mulai menipis
12.	35	325	Asap menipis
13.	38	352	Asap habis
14.	50	32	Arang Cangkang Kelapa Sawit Sudah Dingin

Tabel 4.2 Temperatur dan Waktu Pengarang Cangkang pada Proses Torefaksi Tempurung Kelapa

No	Waktu Pengamatan (menit ke-	Suhu (°C)	Kedaaan Tempurung Kelapa
1.	0	32	Normal
2.	3	40	Mulai berasap
3.	4	42	Asap tipis
4.	5	42	Asap bertambah
5.	6	44	Asap bertambah banyak
6.	8	51	Mulai mengepul
7.	10	86	Asap mengepul
8.	12	108	Asap mengepul
9.	14	122	Asap mengepul
10.	16	151	Asap mulai menipis
11.	20	174	Asap menipis
12.	24	210	Asap habis
13.	34	32	Arang Cangkang Kelapa Sudah Dingin

Tabel 4.3 Temperatur dan Waktu Pengarang Cangkang pada Proses Torefaksi Cangkang Kakao

No	Waktu Pengamatan (menit ke-	Suhu (°C)	Kedaaan Cangkang Kakao
1.	0	32	Normal
2.	5	45	Mulai berasap
3.	6	48	Asap tipis
4.	7	55	Asap bertambah
5.	8	73	Asap bertambah banyak
6.	10	104	Mulai mengepul
7.	12	120	Asap mengepul
8.	13	129	Asap mengepul
9.	15	158	Asap mengepul
10.	20	214	Asap mulai menipis
11.	23	224	Asap menipis
12.	28	287	Asap habis
13.	38	32	Arang Cangkang Kelapa Sudah Dingin

Berbeda caranya pengarangan cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao antara proses torefaksi dan pembakaran tertutup. Pengarangan cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao dengan proses torefaksi dilaksanakan di udara terbuka dan selama proses torefaksi tidak terjadi/muncul api ataupun bara. Sedangkan pembakaran tertutup, cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao dibakar sehingga menjadi bara. Maka oleh karena itu harus dilakukan pembakaran tertutup agar tidak terjadi oksidasi dengan O_2 dari udara, yang menyebabkan arang cangkang kelapa sawit dapat berubah menjadi abu.

Proses torefaksi adalah *roasting* (penyangraian) ataupun *slow-mild pyrolysis* (pirolisis lambat-ringan). Kalau dipilih pengertian proses torefaksi adalah penyangraian, maka untuk memudahkan pengamatan proses torefaksi, maka digunakan asap yang terjadi pada proses pengarangan sebagai indikator untuk mengamati keadaan cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao yang sedang disangrai dengan mengukur temperatur dan menetapkan waktu pengarangan cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao yang sedang disangrai, seperti hasilnya yang terlihat pada tabel 4.1, tabel 4.2, dan tabel 4.3.

Pada saat pengarangan cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao terjadi perubahan warna pada asap yaitu pada saat cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao mulai berasap warnanya putih, kemudian pada saat asap bertambah warnanya keabu-abuan, terus pada saat asap mulai mengepul warnanya agak kehitaman, dan pada saat asap mulai menipis kembali warnanya keabu-abuan.

2) Analisa Arang Aktif

a. Rendamen Arang Aktif

Rendamen arang aktif yang diperoleh dari arang cangkang kelapa sawit adalah 45,08%, arang tempurung kelapa adalah 43,44% dan arang cangkang kakao adalah 52,12% (Tabel 4.4).

Tabel 4.4 Rendemen Arang Aktif

No	Bahan Baku	Rendamen (%)
1.	Cangkang Kelapa Sawit	45,08
2.	Tempurung Kelapa	43,44
3.	Cangkang Kakao	52,12

Rendamen arang aktif tertinggi adalah rendamen cangkang kakao, sedangkan rendemen arang aktif dari tempurung kelapa lebih rendah dibandingkan dengan rendemen arang aktif cangkang kelapa sawit dan cangkang kakao. Hal ini disebabkan karena struktur cangkang kelapa sawit dan cangkang kakao relatif lebih padat, walaupun tidak terlalu keras, sehingga menghasilkan arang yang sulit diaktivasi.

b. Kadar Air

Tabel 4.5 Kadar Air Arang Aktif

No	Bahan Baku	Subu (°C)	Kadar Air (%)
1.	Cangkang Kelapa Sawit	105	1
2.	Tempurung Kelapa	105	0,5
3.	Cangkang Kakao	105	1

Pada Tabel 4.5 terlihat bahwa kadar air arang aktif terendah terdapat pada arang aktif tempurung kelapa yaitu 0,5%, sedangkan kadar air tertinggi terdapat pada

arang aktif cangkang kelapa sawit yaitu 1% dan arang aktif cangkang kakao yaitu 1%. Kadar air arang aktif yang dihasilkan dari semua kombinasi memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia karena kadar air arang aktif tidak lebih dari 15%. Kadar air arang aktif pada tempurung kelapa lebih baik dari cangkang kelapa sawit dan cangkang kakao, karena arang aktif cangkang kelapa sawit dan cangkang kakao lebih banyak menyerap uap air dari udara pada waktu proses pendinginan.

c. Kadar Abu

Tabel 4.6 Kadar Abu Arang Aktif

No	Bahan Baku	Subu (°C)	Kadar Abu (%)
1.	Cangkang Kelapa Sawit	750	3
2.	Tempurung Kelapa	750	2,5
3.	Cangkang Kakao	750	4,5

Pada Tabel 4.6 kadar abu yang dihasilkan pada penelitian ini menunjukkan bahwa kadar abu arang aktif dari cangkang kakao yaitu 4,5%, sedangkan kadar abu arang aktif dari cangkang kelapa sawit yaitu 3%. Kadar abu dari arang aktif cangkang kakao dan cangkang kelapa sawit ini tidak memenuhi kualitas arang aktif yang ditetapkan Standar Nasional Indonesia. Sedangkan kadar abu arang aktif dari tempurung kelapa yaitu 2,5%. Kadar abu dari arang aktif tempurung kelapa ini memenuhi kualitas arang aktif yang ditetapkan Standard Nasional Indonesia yaitu maksimum 2,5%.

d. Kadar Zat Terbang

Tabel 4.7 Kadar Zat Terbang Arang Aktif

No	Bahan Baku	Subu (°C)	Zat Terbang (%)
1.	Cangkang Kelapa Sawit	950	23,5
2.	Tempurung Kelapa	950	25,5
3.	Cangkang Kakao	950	23,5

Pada Tabel 4.7 terlihat bahwa kadar zat terbang tertinggi terdapat pada arang aktif tempurung kelapa yaitu 25,5%, sedangkan kadar zat terbang terendah terdapat pada cangkang kelapa sawit yaitu 23,5% dan cangkang kakao yaitu 23,5%. Kadar zat

terbang yang dikandung arang aktif cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa, cangkang kakao memenuhi kualitas kadar zat terbang arang aktif yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia yaitu maksimum 25%.

e. Kadar Karbon Terikat

Tabel 4.8 Kadar Karbon Terikat Arang Aktif

No	Bahan Baku	Kadar Karbon Terikat (%)
1.	Cangkang Kelapa Sawit	73,5
2.	Tempurung Kelapa	72
3.	Cangkang Kakao	72

Penentuan kadar karbon arang aktif bertujuan untuk mengetahui kandungan karbon setelah proses pengarangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arang cangkang kelapa sawit menghasilkan kadar karbon tertinggi sebesar 73,5%, sedangkan untuk arang aktif yang mengandung kadar karbon terendah yaitu tempurung kelapa sebesar 72% dan cangkang kakao sebesar 72%. Rendahnya kadar karbon yang dikandung arang aktif, selain disebabkan tingginya kadar zat terbang dan kadar abu, juga disebabkan oleh lamanya waktu reaksi sehingga zat kimia yang bereaksi semakin banyak sehingga jumlah karbon yang tersisa semakin sedikit (Pari, 1995).

3) Aplikasi Arang Aktif Terhadap Penjernihan Air Berwarna

Untuk menguji arang aktif yang dihasilkan maka akan diuji dengan cara penjernihan air berwarna yang dibuat di laboratorium.

Tabel 4.9

a. Cangkang kelapa sawit

Warna	Tanpa arang aktif	Dengan arang aktif
Kuning	Kuning	Kuning muda
Hijau	Hijau	Agak jernih
Biru	Biru	Agak jernih

b. Tempurung kelapa

Warna	Tanpa arang aktif	Dengan arang aktif
Kuning	Kuning	Kuning muda
Hijau	Hijau	Agak jernih
Biru	Biru	Agak jernih

c. Cangkang kakao

Warna	Tanpa arang aktif	Dengan arang aktif
Kuning	Kuning	Coklat
Hijau	Hijau	Kuning
Biru	Biru	Agak jernih

Adapun perubahan yang terjadi pada warna jernih setelah pemberian karbon aktif dapat disebabkan terserapnya kandungan zat organik, zat besi atau logam dalam air oleh pori-pori karbon aktif sehingga menjadikan air jernih.

4) Aplikasi Arang Aktif Terhadap Penjernihan Air Sungai

Untuk menguji arang aktif yang dihasilkan maka akan diuji dengan cara penjernihan air sungai.

Tabel 4.10 Pengujian Arang Aktif pada Air Keruh/Kecoklatan

a. Cangkang Kelapa Sawit

Parameter	Tanpa arang aktif	Dengan arang aktif
Warna	Keruh/kecoklatan	Agak kecoklatan

b. Tempurung Kelapa

Parameter	Tanpa arang aktif	Dengan arang aktif
Warna	Keruh/kecoklatan	Jernih

c. Cangkang Kakao

Parameter	Tanpa arang aktif	Dengan arang aktif
Warna	Keruh/kecoklatan	Coklat

Air yang dipakai adalah air keruh yang bersumber dari air sungai yang tercemar oleh limbah rumah tangga masyarakat setempat sehingga menjadikan air tersebut seharusnya tidak layak pakai karena tidak memenuhi standar air bersih secara fisik.

Warna kecoklatan pada air sungai disebabkan kandungan zat organik, zat besi atau logam yang terkandung di dalam air.

Adapun perubahan yang terjadi pada warna jernih dan air tidak berbau setelah pemberian arang aktif dapat disebabkan terserapnya kandungan zat organik, zat besi atau logam dalam air oleh pori-pori karbon aktif sehingga menjadikan air jernih dan tidak berbau.

Hasil pengamatan secara visual terlihat air sungai yang semula berwarna keruh/kecoklatan setelah diberikan arang aktif dari cangkang kelapa sawit berwarna agak kecoklatan, dan air sungai yang dijernihkan dengan arang aktif dari tempurung kelapa berwarna bening. Sedangkan air sungai yang dijernihkan dengan arang aktif dari cangkang kakao berwarna coklat.

Kesimpulan

1. Cara pembuatan arang aktif dari cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao dengan proses torefaksi dilaksanakan di udara terbuka dan selama proses torefaksi tidak terjadi/muncul api ataupun bara.
2. Karakteristik arang aktif yang dibuat dari cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa dan cangkang kakao menghasilkan arang aktif terbaik yang dibuat dari tempurung kelapa dengan rendamen 43,44%, kadar air 0,5%, kadar abu 2,5%, kadar zat terbang 25,5%, dan kadar karbon terikat 72% yang memenuhi standar SNI.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Dosen pembimbing dan kepada orangtua yang telah memberikan sumbangsi dalam penelitian ini baik itu secara materi maupun pemikiran.

Daftar Pustaka

- Andriati Amir Husin. 2003. Limbah untuk Bahan Bangunan.
- Aregheore EM. 2002. *Chemical Evaluation and Digestibility of cacao (theobroma cacao) by product fet to goat. Tropical. Animal Health and production* 34 : hal. 339 – 348.
- Azhar dan H Rustamaji. 2009. *Bahan Bakar Padat Dari Biomassa Bambu Dengan Proses Torefaksi Dan Densifikasi*. Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 3 No. 2, hal. 26 – 29.
- Darwis AA, Sukara E, Tun tedja, Purnawati R. 1998. *Biokonservasi limbah Lignoselulosa oleh trichoderma viride dan aspergillus niger*. Bogor : Laboratorium Bio-Industri.,PAU Bioteknologi IPB.
- Daud, Z., Kassim, A.S.M., Awang, H and M.Z.M Hatta. 2004. *Chemical Composition and Morphological of Cocoa Pod Husks and Cassava Peels for Pulp and Paper Production*. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 406 – 411.
- [Deptan] Departemen pertanian. 2007. Pusat Data dan Informasi Pertanian : Komoditi kakao. <http://database.deptan.go.id/bdspweb/f4-frame.asp>.
- Djarmiko B, S. Ketaren, dan S Setyahartini. 1985. *Pengolahan Arang dan Kegunaannya. Di Dalam Rasjiddin I*. 2006. *Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Biji Jambu Mede (Anacardium occidentale) Sebagai Adsorben Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas*. Skripsi. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Haerdiantio, T A Suwono, A P Pasek dan Amrin. 2011. *Balance Energi Pada Proses Torefaksi Sampah Kota Menjadi Bahan Bakar Padat Ramah Lingkungan Setara Batu Bara Untuk Memperhitungkan Kelayakannya*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin – X ISBN 978-602-19028-0-6. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya, Malang.
- Hartoyo, N.Hudaya, Fadli. 1990. *Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa Dari Kayu Bakau Dengan Cara Aktivasi Uap*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, hal. 16 – 18.
- Hassler, J.W. 1974. *Active Carbon*. New York : Chemical Publishing Co Inc R.
- Jankowska, H., Swiatkowski, A., dan Choma, J. 1991. *Active Carbon*. London : Horwood.
- Munir S. 2008. *Peran Sistem Klasifikasi Bahan Bakar Padat Konvensional Hubungannya Dengan Diversifikasi Energi*. Jurnal MIMBAR, Vol. 24N9,1, hal. 69 – 78.

- Nur, M Syukri. 2014. *Karakteristik Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Bioenergi*. PT. Insan Fajar Mandiri Nusantara, Bogor.
- Pahan I. 2008. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit Manajemen Agribisnis Dari Hulu Hingga Hilir*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Pardamean M. 2008. *Panduan Lengkap Pengolahan Kebun dan Pabrik Kelapa Sawit*. Cetakan Pertama. Jakarta : Agromedia Pustaka.
- Pari G. 2007. *Teknologi Pembuatan dan Uji Mutu Arang, Briket Arang, dan Arang Aktif*. Seminar Tenaga Teknis Penguji HHBK. Palembang : Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Pope. 1999. *Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit*. <http://eprints.polsri.ac.id/831/3/BAB%20II%20Fergin.pdf>
- Prameidia, Monika Dwi. 2013. *Pengaruh Konsentrasi Aktivator H2SO4 Terhadap Daya Serap Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit*. <http://digilib.polsri.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=ssptpolsrigdl-dwimonikap-6543>.
- Pujiarti, R., J.P.Gentur. 2005. *Mutu Arang Aktif dari Limbah Kayu Mahoni (Swietenia macrophylla King) sebagai Bahan Penjernih Air*. Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta.
- Purwanto, Djoko. 2011. *Arang dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit*. Banjarbaru : Jurnal Penelitian Hasil Hutan.
- Rasmawan. 2009 *Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Pakan Ternak Sapi*. <http://library.usu.ac.id>.
- Roy G.M. 1985. *Activated Carbon Application in The Food and Pharmaceutical Industries*. Pensilvania : Technonic Pub.
- Sastrosayono S. 2003. *Budidaya Kelapa Sawit*. Jakarta : Agromedia Pustaka.
- Saputri, Desy Eka. 2013. *Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Aktivator KOH Terhadap Proses Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Sawit untuk MengolahPome*. <http://digilib.polsri.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=ssptpolsrigdl-desyekasap-6596>.
- Setyamidjaja D. 2006. *Kelapa Sawit Teknik Budidaya, Panen dan Pengolahan*. Yogyakarta : Kanisus.
- Swasono. 1990. *Budidaya Coklat*. Bandung : Angkasa
- Tequia A. Endeley HNL, Beynen AC. 2004. *Broiler Performance upon Dietary Substitution of cacao husks for Maize*. *Int J poult sci*, hal. 779 – 782.
-