

## KARAKTERISTIK ARANG KULIT BUAH KAKAO YANG DIHASILKAN DARI BERBAGAI KONDISI PIROLISIS

### *The Characteristics of Cocoa Pod Husk Charcoal Produced in Various Pyrolysis Conditions*

**Justus Elisa Loppies**

Balai Besar Industri Hasil Perkebunan

Jl. Prof. Dr. Abdurahman Basalamah No. 28, Makassar

Pos-el : justusloppies@gmail.com

(Artikel diterima 2 November 2016; direvisi 30 November 2016; disetujui 5 Desember 2016)

**Abstract.** *The importance of charcoal characteristics is related to its functions and purposes. Charcoal characteristics are determined by main components of the constituent materials, techniques, and pyrolysis conditions. This study aims to determine the characteristics of cocoa pod husk charcoal. The method used to produce charcoal is carbonization (pyrolysis) process on various conditions. The observed parameters were temperature and duration of pyrolysis process which is adjusted to obtain charcoal's maximum quality. Determining parameters of charcoal's characteristics is caloric value, fixed carbon, volatile, water content, and ash. The research shows that to obtain high quality charcoal, 4 – 5 kg cocoa pod husk is processed in 350°C during 2 hours. The charcoal's quality and characteristics processed in 350°C gain optimum caloric value 6,500 – 7,600 kcal/kg, total carbon 42.57 – 45.53%, volatile matter 30.14 – 32.98%, ash content 16.21 – 16.22%, and water content 6.25 – 8.44%.*

**Keywords:** charcoal, characteristics, cocoa pod husks, pyrolysis

**Ringkasan.** *Pentingnya karakteristik arang berhubungan dengan fungsi dan peruntukannya. Karakteristik arang ditentukan oleh komponen utama penyusun bahan baku, teknik dan kondisi pirolisis. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik arang dari kulit buah kakao. Metode yang digunakan untuk mendapatkan arang adalah karbonisasi (pirolisis) pada berbagai kondisi. Kondisi yang diamati meliputi Suhu dan waktu pirolisis disesuaikan dengan peruntukan kualitas arang. Parameter penentu karakteristik arang meliputi; nilai kalor, fixed carbon, volatile, kadar air dan kadar abu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk mendapatkan arang yang berkualitas adalah pada suhu 350 °C selama 2 jam dari bobot bahan baku kulit buah kakao 4 - 5 kg. Kualitas dan karakteristik arang yang diperoleh pada suhu 350 °C memiliki nilai kalor optimum sebesar 6.500 - 7.600 kcal/kg, total karbon 42,57 – 45,53 %, volatile matter 30,14 – 32,98 %, kadar abu 16,21 – 16,22 %, dan kadar air 6,25 – 8,44 %.*

**Kata kunci:** arang, karakteristik, kulit buah kakao, pirolisis

## PENDAHULUAN

Arang merupakan residu karbon tidak murni yang dihasilkan dengan proses pembakaran tidak sempurna terhadap hewan atau tumbuhan. Umumnya arang mengandung karbon, berbentuk padat dan berpori dimana sebagian porinya masih tertutup oleh hydrogen, tar dan senyawa organik lainnya seperti abu, air, nitrogen dan sulfur (Sudrajat dan Soleh, 1994 *di dalam* Agus Triono, 2006). Arang diketahui memiliki prospek pengembangan dan penggunaan yang sangat luas sebagai bahan baku industri. Manfaat dan Penggunaan arang tidak hanya sebagai bahan bakar, deodorizers (penghilang bau) dan penyaring tetapi telah

dikembangkan lebih luas menjadi bahan yang dapat berfungsi sebagai penghasil energy (bateray, panel surya), media seni rupa, bahan pengisi, peawarna, dan lain-lain.

Sumber-sumber penghasil arang dapat berasal dari limbah partanian berupa kulit buah, kulit batang, batok/tempurung, sekam, kayu dan limbah industri seperti sisa olahan kayu dan produk sampingan lainnya.

Pada industri pengolahan buah kakao, kulit kakao merupakan limbah yang jumlahnya sangat banyak. Terdapat sekitar 70 % kulit buah kakao (berat basah) dihasilkan dari satu kilogram buah kakao (Adzimah, 2010).

Pada umumnya limbah kulit buah kakao hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar (subtitusi kayu bakar/dibakar secara

langsung), pakan ternak, atau dibiarkan membusuk sebagai kompos.

Kulit buah kakao berpotensi untuk dijadikan arang karena mengandung bahan-bahan penyusunnya yang cukup tinggi yaitu lignin 60,67 %, selulosa (holoselulosa) 36,47 % dan hemiselulosa 18,90 % (Wijawa, 2014). Sedangkan penggunaan metode pirolisis dalam proses pengarangannya berhubungan dengan penggunaan suhu tinggi dalam keadaan sedikit atau tanpa oksigen untuk mendapatkan arang yang berkualitas.

Pirolisis adalah dekomposisi thermal material organik melalui proses pemanasan dengan sedikit atau tanpa kehadiran oksigen atau reagen lainnya, dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi gas (<https://Wikipedia.org/wiki/pirolisis>). Diakses pada tanggal 06 Desember 2016). Pirolisis berlangsung pada kisaran suhu 200°-600° C. Demirbas (2005) melaporkan bahwa pirolisis umumnya berlangsung pada suhu di atas 300 °C dalam waktu 4 – 7 jam, namun keadaan ini sangat bergantung pada bahan baku dan cara pembuatannya. Pirolisis menghasilkan produk gas, cair dan padat bergantung pada prosesnya (Danarto, 2010). Jadi pirolisis juga merupakan proses pengarangannya dengan menggunakan udara terbatas pada suatu sistem tertutup dengan panas tinggi.

Proses pirolisis berlangsung dalam empat tahap yaitu : 1) Tahap penguapan air dari bahan yang terjadi pada suhu 100 – 120 °C, kemudian dilanjutkan dengan penguraian selulosa sampai mencapai suhu 260 °C, 2) Tahap intensif penguraian selulosa yang berlangsung pada suhu 260 – 310 °C, 3) Tahapan penguraian lignin yang menghasilkan tar, berlangsung pada suhu 310 – 500 °C, 4) Tahapan pemurnian arang, yang berlangsung pada suhu 500 – 1000 °C.

Pengarangannya atau karbonisasi merupakan pirolisis ekstrim yang hanya meninggalkan karbon sebagai residu. Fungsi utama karbonisasi adalah untuk meningkatkan nilai kalor, karena selama proses karbonisasi terjadi pelepasan kandungan air dan sejumlah senyawa volatil (<https://Wikipedia.org/wiki/pirolisis>). Diakses pada tanggal 06 Desember 2016).

Karakteristik arang ditentukan oleh jenis bahan, komponen utama penyusun bahan baku yang akan dipirolisis dan metode pirolisis.

Produk karbon sebagai hasil proses pirolisis terkadang memiliki karakteristik yang tidak sesuai dengan peruntukannya sehingga perlu proses optimasi atau diperlukan proses lanjutan untuk meningkatkan kualitasnya.

Kualitas dan peruntukan arang dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi dan perubahan sifat atau strukturnya untuk mendapatkan karakteristik arang dengan manfaat yang lebih luas. Beberapa produk industri telah mengembangkan arang menjadi bahan energy, farmasi, kosmetik, namun secara spesifik penggunaan arang sebagai bahan baku industri tersebut tidak secara langsung dimanfaatkan tetapi harus melalui proses pengolahan yang akurat dan seleksi yang ketat sehingga diperoleh bahan arang yang memiliki sifat dan karakteristik sesuai dengan peruntukannya.

Arang yang berkualitas menurut Pari *et al* (2006) dapat ditentukan dengan syarat-syarat sebagai berikut : 1) Cukup keras dan tidak mudah hancur, 2) mempunyai kandungan arang (fixed carbon) lebih dari 75 %, 3) kadar abu 5 %, 4) kadar air maks.15 %, 5) Kadar zat menguap maks. 15 %, 6) Tidak tercemar oleh unsur-unsur yang membahayakan atau kotoran.

Nurida *et al* (2009) melaporkan bahwa arang kulit buah kakao memiliki beberapa keunggulan antara lain : kandungan N, P, K, Ca, Mg, C-organik dan kemampuan meretensi air lebih tinggi dibanding arang batok kelapa, sehingga jenis arang ini diarahkan penggunaannya sebagai bahan pembenah tanah. Sifat-sifat lain yang terkait dengan peruntukan arang kulit kakao sebagai bahan energy, farmasi dan kosmetik atau penggunaan lainnya tidak dilaporkan pada penelitian ini. Terkait fungsi dan peruntukkan arang kulit buah kakao sebagai produk industri, perlu diketahui karakteristik awal yang meliputi: nilai kalor, volatile matter, sulfur dan oksigen. Melalui penelitian ini, limbah kulit buah kakao akan dimanfaatkan dan diolah menjadi arang secara pirolisis.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kualitas dan karakteristik arang yang dihasilkan dari kulit buah kakao, dengan harapan bahwa data karakteristik dan metode pirolisis ini dapat dijadikan acuan untuk menetapkan arah pengembangan sediaan arang menjadi produk yang bernilai dan sesuai dengan peruntukannya.

## METODOLOGI

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : kulit buah kakao yang diperoleh dari kelompok tani di Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , metil merah, NaOH, KOH, aquadest. Peralatan yang digunakan antara lain : alat pirolisis yang dirancang untuk pembuatan arang dan asap cair (Gambar 1), mesin pencacah kulit buah kakao, dan neraca kapasitas 5 kg. Peralatan uji yang terdiri dari: GC-MS, alat uji proximat dan ultimat arang dan spectrophotometer.

### Pelaksanaan Penelitian

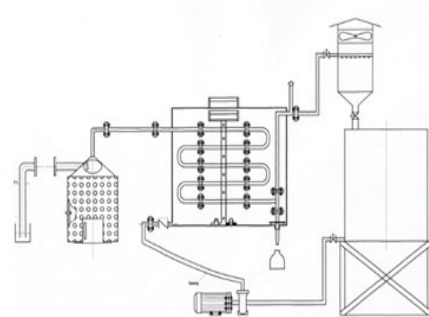
#### Tempat Pelaksanaan

Penyiapan bahan, peralatan dan proses pembuatan arang dilaksanakan di Balai Besar Industri Hasil Perkebunan (BBIHP) Makassar. Sedangkan untuk pengujian produk, sebahagian dilaksanakan di laboratorium BBIHP, dan sebahagian lagi dilaksanakan di laboratorium Sucofindo Makassar, dan laboratorium Sucofindo Cibitung-Bekasi.

#### Penyiapan bahan baku dan Proses Pirolisis

Bahan baku berupa kulit buah kakao segar dicacah dengan ukuran tertentu kemudian dijemur menggunakan panas matahari hingga mencapai kadar air 6 – 7 %. Kulit buah kakao kemudian di timbang sebanyak 5 kg dan dimasukkan ke dalam kolom pirolisis. Kolom pirolisis ditutup dan pembakaran dimulai dari bagian dasar kolom. Pembakaran secara pirolisis berlangsung kontinyu dalam kondisi sedikit atau tanpa oksigen. Proses pirolisis dilakukan sesuai perlakuan yang terdiri dari: suhu pirolisis (1 jam, 2 jam, 3 jam), dan waktu pirolisis (200 °C, 250 °C, 300 °C, 350 °C). Selama

pembakaran, suhu dan waktu pirolisis dikontrol agar konsisten sesuai perlakuan. Arang yang diperoleh kemudian didinginkan dalam kondisi vakum untuk mencegah terjadinya pengabuan.



Gambar 1. Instalasi unit pirolisis untuk pembuatan arang kulit buah kakao

### Pengujian

Penentuan karakteristik arang dilakukan secara proximat melalui beberapa parameter uji antara lain; fixed carbon (ASTM D-3172-73), nilai kalor (ASTM D-2015-77), volatile matters (ASTM D-3175-02), kadar abu (ASTM D-3174-04) dan kadar air (ASTM D-3173-03).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji proximat dari hasil pengarangan kulit buah kakao pada suhu dan waktu yang berbeda menunjukkan perbedaan terhadap kadar karbon, nilai kalor, volatile matters, kadar abu, dan kadar air

Kadar karbon dan nitrogen cenderung meningkat dari suhu 200 °C ke suhu 250 °C namun menurun setelah suhu pembakaran dinaikan ke 300 °C dan 250 °C. Kadar Hidrogen dan oksigen mengalami peningkatan sejalan dengan bertambahnya suhu pembakaran tetapi kadar abu (ash) dan sulfur mengalami pola perubahan secara kubik dimana meningkat pada suhu 200 °C dan 300 °C tetapi menurun pada suhu 350 °C.

Secara umum, pengarangan yang baik untuk bahan kulit buah kakao terjadi pada suhu 300 °C - 350 °C, dimana pada suhu ini diperoleh kadar karbon, hydrogen dan nitrogen tertinggi dengan kadar abu yang rendah (Gambar ).

### Fixed Carbon

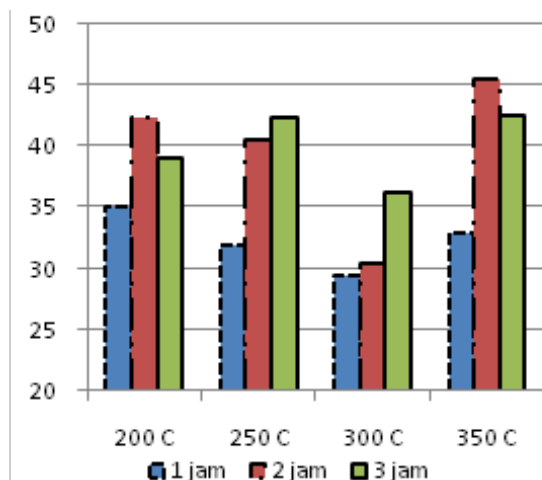
Fixed carbon diperoleh dari 100 % dikurangi dengan kadar air, kadar abu, kadar volatile matter. Biomassa dengan berat jenis tinggi membutuhkan waktu lama untuk proses pembakaran. Dilaporkan oleh Nurhayati dan Hartoyo (1976),

Kadar “fixed carbon” yang tinggi menunjukkan bahwa produk arang akan membutuhkan waktu pembakaran yang lebih lama dalam aplikasinya.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa fixed carbon tertinggi berkisar antara 42,57 % sampai 45, 53 % diperoleh pada perlakuan suhu 350 °C selama pembakaan 2 sampai 3 jam dibanding dengan perlakuan lainnya (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa pada tahap awal belum terjadi proses pirolisis secara sempurna dimana sebagian batok kulit buah kakao belum menjadi arang. Sedangkan pada suhu yang sama dengan waktu pembakaran yang lebih lama (3 jam) menyebabkan terjadinya “over pirolisis” sehingga sebagian biomassa berubah menjadi abu.

“over pirolisis” berubungan dengan berat jenis (BJ) material, suhu dan waktu pirolisis. Material dengan BJ rendah (seperti kulit buah kakao) memerlukan waktu yang lebih cepat dalam proses pengarangan. Tanaka (1963) melaporkan bahwa pembakaran dengan temperature tinggi akan menurunkan produksi biochar (arang) tetapi meningkatkan fixed carbon.

Fixed Carbon (%)



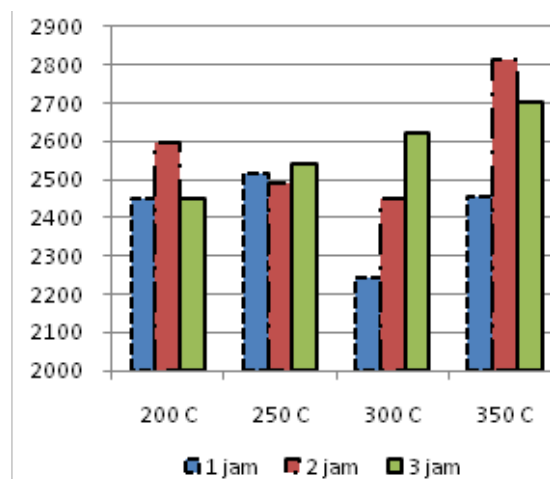
Gambar 2. Kadar “fixed carbon” arang kulit buah kakao dari berbagai perlakuan pirolisis

### Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan panas yang dilepaskan dari suatu proses pembakaran terhadap sejumlah unit bahan bakar (massa) dalam bentuk abu (ash), gas CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Nitrogen dan air, tidak termasuk uap (vapor). Umumnya nilai kalor dijadikan indicator utama untuk menentukan kualitas suatu bahan bakar. Nilai kalor berhubungan dengan kadar karbon dan kadar abu, dimana kadar karbon yang tinggi memberikan efek pebakaran dan efek nyala yang lebih lama. Sedangkan kadar abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kalor meningkat pada suhu pembakaran 250 °C sampai 300 °C dan menurun pada suhu 350 °C. Rata-rata nilai kalor tertinggi untuk arang kulit buah kakao berada pada kisaran 2704.4 sampai 2812 kcal/kg diperoleh pada suhu 350 °C selama pembakaan 2 sampai 3 jam (Gambar 3), dimana nilai ini masih jauh berada dibawah nilai kalor batok kelapa yaitu 6500 – 7600 kcal/kg. Dilaporkan dalam hasil penelitian Patabang (2011) bahwa nilai kalor kulit buah kakao dapat mencapai 6308,207 kcal/kg setelah dikembangkan menjadi briket.

Nilai Kalor (kcal/kg)



Gambar 3. Nilai kalor arang kulit buah kakao dari berbagai perlakuan pirolisis

### Volatile Matters (VM)

Kandungan volatile matters (VM) berperan dalam memberikan kemampuan nyala dari suatu biomassa. Suatu biomassa jika dipanaskan sampai mencapai

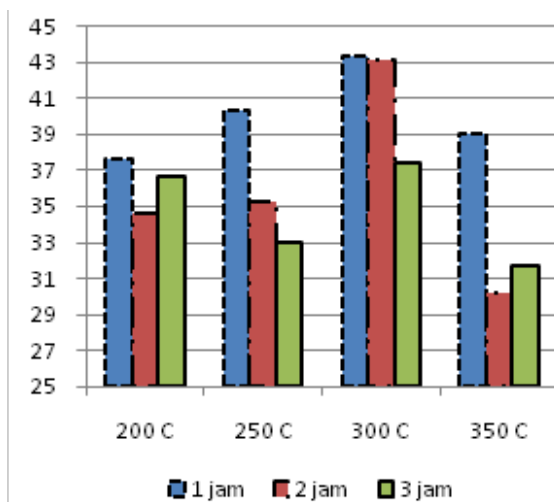
suhu tertentu akan menimbulkan bara (*combustibility*) dan pengapian atau nyala (*ignitability*) karena pada kondisi ini terjadi pelepasan volatile matters.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pirolisis dengan suhu 200 °C sampai 300 °C selama 1 – 2 jam menyebabkan terjadi kenaikan kadar volatile matters (VM), namun pada suhu 350 °C mulai terjadi penurunan kadar VM (Gambar 4). Rata-rata kadar VM kulit buah kakao tertinggi adalah 43,13 sampai 43,37 % pada pirolisis 300 °C selama 1 – 2 jam dan terendah berada pada kisaran 30,14 % sampai 32,98 % diperoleh pada suhu 350 °C selama pembakaran 2 – 3 jam (Gambar 4).

Pirolisis dengan suhu 350 °C memungkinkan sebagian besar senyawa volatile terlepas atau terbuang sehingga bersampak pada penurunan nilai VM.

Tingginya kadar VM menunjukkan masih terdapat senyawa non karbon yang terikat pada arang. Senyawa non karbon ini dapat menutupi permukaan atau pori-pori arang sehingga berdampak pada daya serap arang (Pari et al, 2006).

Volatile Matter (%)



Gambar 4. Kadar volatile matter arang kulit buah kakao dari berbagai perlakuan pirolisis

**Kadar Abu**

Kadar abu merupakan sisa proses pembakaran berupa mineral yang tidak mengandung unsur karbon.

Kadar abu berhubungan dengan nilai kalor dan kadar karbon, dimana kadar abu yang tinggi menyebabkan penurunan nilai kalor dan kadar karbon. Rendahnya nilai kalor dan kadar karbon akan berdampak pada penurunan daya serap dan kemampuan nyala dari arang.

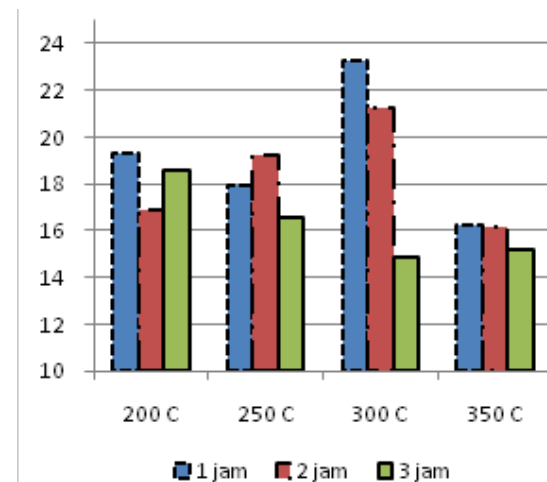
Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi kadar abu dipengaruhi oleh suhu dan waktu pirolisis.

Kadar abu arang kulit buah kakao berkisar antara 14,86 % sampai 23,25 %. Pada suhu pirolisis 200 – 300 °C selama 1 - 2 jam terjadi peningkatan kadar abu dan kemudian menurun pada jam ke-3. Sedangkan pada suhu 350 °C terjadi penurunan drastis kadar abu selama pembakaran 1 – 3 jam.

Meningkatnya kadar abu diduga berhubungan dengan pembentukan garam-garam mineral dan partikel lain sebagai akibat oksidasi karbon selama pirolisis. Sumber lain sebagai penghasil kadar abu adalah kandungan silikat kulit buah kakao sekitar 0,47 % (Wijaya, 2014).

Kondisi ideal untuk menghasilkan arang kulit buah kakao dengan kadar abu terendah adalah pada suhu pembakaran 350 °C selama 2- 3 jam dengan kadar abu berkisar antara 16,21 – 16,22 % (Gambar 5).

Kadar Abu (%)



Gambar 5 . Kadar abu arang kulit buah kakao dari berbagai perlakuan pirolisis

**Kadar Air**

Kadar air dapat mempengaruhi daya serap gas maupun cairan (Pari, 1996). Kadar

air yang tinggi dapat menurunkan kualitas arang, terutama berpengaruh terhadap nilai kalor dimana arang dengan kadar air tinggi dapat menurunkan nilai kalor sehingga arang akan sulit menyala. Proses pengarang pada berbagai konsisi pirolisis dapat mempengaruhi kadar air produk arang yang dihasilkan (Gambar 6)

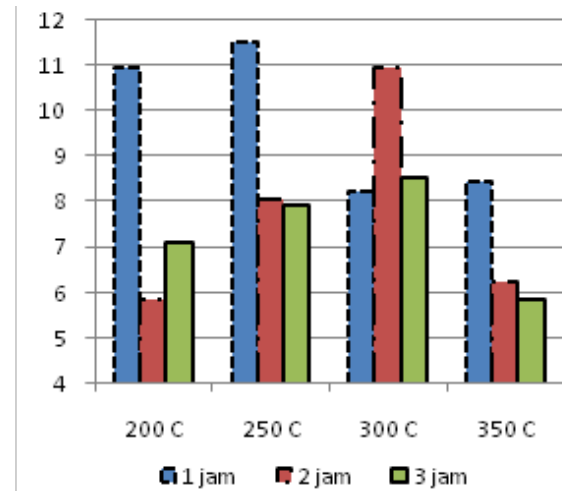
Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada awal pembakaran 1 jam dengan suhu 200 °C – 300 °C, terjadi perubahan kadar air arang kulit buah kakao secara fluktuatif dan kemudian meningkat pada suhu 200 °C sampai 300 °C dengan waktu pirolisis 2 jam sampai 3 jam. Pada suhu 350 °C dengan waktu pembakaran 1 – 3 jam mulai terjadi penurunan kadar air. Hal ini sejalan dengan nilai kalor yang dihasilkan dari kondisi suhu tersebut.

Rata-rata kadar air terbaik arang kulit buah kakao berkisar antara 6,25 % sampai 8,44 % pada pirolisis suhu 350 °C dengan waktu 2 – 3 jam.

Peningkatan kadar air secara lambat selama proses pirolisis 2 sampai 3 jam pada suhu 200 – 300 °C berhubungan dengan kondisi semi vacuum (kurang atau tanpa oksigen) pada tangki pirolisis yang menyebabkan perlambatan proses penguapan dan pelepasan air ke luar tangki pirolisis. Proses penguapan mulai meningkat setelah suhu dinaikan menjadi 350 °C.

Kadar air arang tidak selamanya stabil, disamping dipengaruhi oleh suhu dan waktu pirolisis juga dipengaruhi oleh penyimpanan, dimana pada kondisi lembab dapat menyebabkan terjadinya absorpsi uap air disekitar. Selain itu kadar air dapat menentukan kualitas nyala dari suatu arang. Hasil pengamatan kadar air arang kulit buah kakao menunjukkan nilai yang relevan dengan nilai kalor untuk menghasilkan pembakaran sempurna (Gambar 3 dan Gambar 6).

Kadar Air (%)



Gambar 6. Kadar air arang kulit buah kakao dari berbagai perlakuan pirolisis

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk mendapatkan arang kulit buah kakao yang berkualitas adalah pada suhu 350 °C selama 2 - 3 jam dari bobot bahan baku kulit buah kakao 4 - 5 kg.

Arang kulit buah kakao yang dihasilkan dari proses dipirolisis pada suhu 350 °C memiliki nilai kalor optimum sebesar 6.500 - 7.600 kcal/kg, total karbon 42,57 – 45,53 %, volatile matter 30,14 – 32,98 %, kadar abu 16,21 – 16,22 % dan kadar air 6,25 – 8,44 %.

Produk arang yang diperoleh belum dipersyaratkan penggunaannya pada industri, namun Spesifikasinya dapat digunakan untuk pengembangan menjadi produk baru.

Proses pirolisis yang tidak terkontrol dapat menyebabkan kegagalan pembentukan arang kulit buah kakao.

### Saran

Pengembangan arang kulit buah kakao menjadi produk baru dapat dilakukan melalui proses aktivasi atau dengan pirolisis pada tekanan dan suhu yang lebih tinggi dalam kondisi semi vacuum.

Karakteristik arang yang diperoleh dapat dijadikan acuan untuk pengembangan menjadi bahan baku energy, farmasi dan kosmetik.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Darmadji, P. 2002. Optimasi Pemurnian Asap Cair dengan Metoda Redistilasi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 13(3), 267-271.
2. Girrard, J.P. 1992. Smoking in Technology of Meat Products. Clermont Ferrand. Ellis Horwood, New York pp: 165:205.
3. Kollman, F. P. and Cote, W. A. 1984. Principles of Wood Science and Technology. *Sprenger Verlag, New York*.
4. Maga, J.A. 1988. Smoke in Food Processing. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida: 1-3, 131-138.
5. Nurida, N.L., A. Dariah, dan A. Rachman. 2009. Kualitas Limbah Pertanian sebagai Bahan Baku Pembenh Tanah Berupa Biochar untuk Rehabilitasi Lahan. Prosiding Seminar Nasional dan Dialog Sumberdaya Lahan Pertanian. Tahun 2008.
6. Ogawa, M. 20016. Carbon Sequestration by Carbonization of Biomass and Forestation: Three Case Studies. P. 133 – 146.
7. Pari, G. D. Hendra dan R.A. Pasaribu. 2006. Pengaruh Lama Waktu Aktivasi dan Konsentrasi Asam Fosfat terhadap Mutu Arang Kulit Kayu Acacia mangium. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 24 (1): 33-36. Pusat litbang Hasil Hutan, Bogor.
8. Patabang, D. 2011. Studi Karakteristik Termal Briket Arang Kulit Buah Kakao. *Jurnal Mekanikal*, Vol. 2 No. 1: Januari 2011:23-31
9. Pszczola, D. E. 1995. Tour Higlhts Production and Uses of Smoke Base Flavors. *Food Tech.* (49): 70-74.
10. Solichin, M. 2007. Penggunaan Asap Cair Deorub dalam Pengolahan RSS. *Jurnal Penelitian Karet*, Vol.25(1) : 1-12.
11. Tranggono, dkk. 1996. Identifikasi Asap cair dari berbagai jenis kayu dan tempurung kelapa. *J. ilmu dan Tek. Pangan*. Vol. 1(2) : 15-24.
12. Wijaya, M. 2014. Pemanfaatan Limbah Kakao sebagai Bahan Baku Produk Pangan. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidkan Kimia VI. Jurusan Kimia FMIPA Univ. Negeri Makassar. ISBN: 979363174-0