

PEMBUATAN DAN KARAKTRISASI KARBON AKTIF BERBAHAN DASAR CANGKANG SAWIT DENGAN METODE AKTIVASI FISIKA MENGGUNAKAN ROTARY AUTOCLAVE

Ibrahim¹, Awaludin Martin², Nasruddin²

Laboratorium Teknik Pendingin dan Pengkondisian Udara, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia

¹Bm_ibrahim25@yahoo.com, ²awaludinmartin01@gmail.com, ³nasruddin@eng.ui.ac.id

ABSTRACT

Activated carbon is an absorbent that has widely used because it's high absorption capacity. Necessity to improve the quality of activated carbon made from palm shells with low price and easy to obtain. The process of preparation and characteristics of activated carbon conducted in this research using physical activation using CO₂ as the activating agent. Carbonization and activation processes performed in a rotating furnace (rotary autoclave) by flowing nitrogen gas (N₂) at 100 ml/min and CO₂ flow rate of 250 ml/min. Carbonization temperature 500°C was used with some variation of carbonization time, activation time and activation temperature. The results seen with activated carbon characteristics knowing iodine numbers obtained from any activated carbon produced. Optimum characteristics of activated carbon obtained by activation at 750°C temperature, the duration of carbonization and activation of activated carbon produced during 2 hours with 603 g / kg of iodine number.

Keywords: Rotary Autoclave, iodine, Activated Carbon.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan sistem adsorpsi merupakan salah satu proses yang banyak digunakan baik penyimpanan gas maupun di industri (Sudibandriyo dan Lydia, 2011). Proses adsorpsi memerlukan absorbent sebagai media penyerap. Dari beberapa jenis absorbent yang ada, karbon aktif merupakan absorbent yang paling banyak digunakan, karena karbon aktif memiliki kapasitas penyerapan yang tinggi ditambah lagi harganya murah (Sahira, et al, 2013). Menurut Yang (2003), perbandingan beberapa jenis absorbent dengan karbon aktif terhadap diameter pori adalah cenderung sama. Namun karbon aktif memiliki kelebihan yang sangat menonjol dari segi

volume pori jika dibandingkan dengan alumina aktif dan silica gel.

Pemanfaatan karbon aktif (*activated Carbon*) sebagai adsorben dalam berbagai aspek penelitian mengalami peningkatan yang sangat pesat dari tahun ke tahun (Nwabanne, et al, 2011). Karbon Aktif sebagai absorbent tidak lagi asing bagi kehidupan kita, pemanfaatan karbon aktif dapat kita temukan mulai dari hal yang paling kecil dalam kehidupan rumah tangga, di dunia kesehatan, dan juga di Industri-industri besar baik dalam pemisahan maupun untuk penyimpanan gas. Besarnya kebutuhan terhadap penggunaan karbon aktif sebagai absorbent tidak di barengi dengan produksi karbon aktif di negeri ini. Kita masih mengandalkan negara luar sebagai pemasok kebutuhan karbon aktif, sedangkan

ketersediaan bahan dasar untuk pembuatan karbon aktif di Indonesia, khususnya di Riau sangat berlimpah dan tidak terjamahkan sama sekali.

Karbon aktif merupakan absorben yang diproduksi dari berbagai jenis bahan dasar. Bahan dasar yang biasanya digunakan pada pembuatan karbon aktif merupakan bahan-bahan yang mengandung kadar karbon tinggi seperti kayu, batu bara, batok kelapa, sekam padi dan berbagai jenis bahan dasar lain. Bahan dasar untuk memproduksi karbon aktif selain harus memiliki unsur karbon juga harus murah dan mudah didapat (Martin, 2010). Namun dari bahan-bahan mentah di atas, untuk kapasitas ketersediaan yang ada di Riau sendiri bisa di bilang terbatas, bahan lain yang juga memiliki nilai karbon yang tinggi dan kapaitas ketersediaan di Riau sangat berlimpah adalah cangkang sawit.

Luas Lahan Sawit di Propinsi Riau 2.103.175, dan 146 PKS dengan Total Kapasitas Produksi Pengolahan 6.137 Ton/jam TBS. Limbah cangkang sawit yang dihasilkan sebanyak 6,5 % per ton tandan buah segar. Berarti dalam sehari, produksi pengolahan TBS perhari adalah 122.740 Ton/TBS sehingga menghasilkan cangkang sebanyak 7.978,1 ton/hari cangkang sawit. Penghasilan cangkang sawit Riau dalam setahun adalah sebanyak 2.912.006,5 Ton/tahun (Distamben Riau, 2012).

Berdasarkan data dari jumlah limbah sawit yang dihasilkan, terlihat jelas bahwa ada potensi yang sangat besar untuk dimanfaatkan limbah cangkang sawit yang bernilai jual rendah dikonversikan menjadi karbon aktif sehingga bernilai jual tinggi. Namun untuk mengetahui kualitas karbon aktif yang akan dihasilkan dari bahan dasar cangkang sawit, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Dari semua data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa Riau memiliki potensi yang sangat besar terutama untuk mengembangkan penelitian mengenai Arang

Aktif dengan bahan dasar cangkang sawit. Ditambah lagi kebutuhan karbon aktif sebagai absorben Menurut perkiraan sebuah riset, pada tahun 2014, konsumsi karbon aktif dunia mencapai 1,7 juta ton (Sudibandriyo dan Lydia, 2011).

1.2 Rumusan Masalah

Penggunaan karbon aktif di beberapa Negara berkembang untuk berbagai aplikasi sebagai absorben menunjukkan *trend* yang sangat positif. Namun di Indonesia, karbon aktif masih terdengar asing walaupun sudah mulai banyak di gunakan dan pengembangan industri karbon aktif juga masih sangat langka. Sedangkan bahan baku sebagai bahan dasar karbon aktif seperti limbah cangkang sawit tersedia cukup banyak di Indonesia.

Peningkatan kebutuhan dunia akan karbon aktif setiap tahunnya akan semakin tinggi, ini merupakan peluang pasar yang sangat menguntungkan jika dikembangkan dengan baik. Maka limbah cangkang sawit yang tersedia dalam jumlah yang berlimpah terutama di Provinsi Riau dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif. Semakin baik kualitas karbon aktif yang dihasilkan, maka akan meningkatkan nilai ekonomi limbah cangkang sawit Riau.

1.3 Batasan Masalah

Mengingat luasnya ruang lingkup dalam penulisan proposal ini, penulis membatasi masalah yang akan dibahas. Agar lebih spesifik dalam pembahasan masalah, maka batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan dasar karbon aktif yang digunakan adalah cangkang sawit yang berasal dari PTPN V Sei. Galuh, Riau.
2. Produksi karbon aktif :
 - Karbon aktif dibuat dalam bentuk granul dengan ukuran 1-2 mm.
 - Proses karbonisasi dilakukan pada temperatur 500°C dan laju aliran N₂ 100ml/menit.

- Proses aktivasi dilakukan menggunakan aktivasi fisika pada temperatur 750°C, 800°C dan 850°C menggunakan gas karbondioksida (CO₂) sebagai *activating agent* dengan laju aliran CO₂ 250ml/menit.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Memproduksi Karbon Aktif dari limbah cangkang sawit Riau dengan aktivasi fisika menggunakan CO₂ sebagai *Activating Agent*.
2. Menghasilkan Karbon Aktif dengan luas permukaan yang baik dan didapatkan angka *Iodine Number*.
3. Mengetahui pengaruh lama waktu aktivasi, waktu karbonisasi, dan temperatur aktivasi.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat penumpukan limbah cangkang sawit di kawasan sekitar pabrik pengolahan sawit.
2. Meningkatkan mutu dan kualitas *research* sehingga berdampak pada hasil produksi karbon aktif dalam negeri yang berkualitas baik berdasarkan sumber daya sebagai bahan dasar yang kita miliki.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Bahan Dasar

Bahan dasar (*Raw Material*) merupakan sumber utama dari proses pembuatan karbon aktif. Bahan dasar sangat menentukan karakteristik dan kualitas dari karbon aktif yang dihasilkan (Rahman, et al, 2012). Berbagai jenis material sebagai bahan dasar yang biasanya digunakan pada pembuatan karbon aktif. Bahan dasar yang

digunakan harus memiliki kadar karbon tinggi dan memiliki kapasitas penyerapan yang baik (Nwabanne, et al, 2011). Menurut Marsh dan Reinoso (2006), kayu, kulit kacang, tulang, cangkang kelapa, cangkang kelapa sawit, batubara, dan lain-lain merupakan seluruh material yang memiliki unsur karbon yang bisa dijadikan bahan dasar dalam proses pembuatan karbon aktif.

2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif dalam arti luas mencakup berbagai olahan material berbentuk karbon amorf (Bansal, et al, 2005). Karbon aktif merupakan karbon yang bebas serta memiliki permukaan dalam (*internal surface*), sehingga mempunyai daya serap yang baik. Karbon aktif bersifat sangat aktif dan akan menyerap apa saja yang kontak dengan karbon tersebut. Menurut Rahman, et al (2012), karbon aktif memiliki gaya adsorpsi yang sangat kuat yang disebabkan oleh volume pori penyerapan yang tinggi dari beberapa material yang diketahui. Luas permukaan bisa mencapai lebih dari 1000 m²/g. Dengan kata lain, lima gram karbon aktif bisa menyamai luas lapangan sepak bola.

2.3 Klasifikasi Karbon Aktif

Ada tiga bentuk utama dari karbon aktif (Rahman, et al, 2012) adalah sebagai berikut:

2.3.1 Karbon aktif bentuk granular (GAC)

berbentuk tidak beraturan dengan ukuran partikel antara 0,2 sampai 5 mm. Jenis karbon aktif ini digunakan pada kedua aplikasi yaitu fasa cair dan gas.



Gambar 1. Karbon Aktif Berbentuk Granul

2.3.2 Karbon aktif serbuk (PAC)

merupakan karbon aktif yang telah dihancurkan sehingga memiliki ukuran lebih kecil dari 0.18 mm (US mess 80). Karbon aktif jenis ini biasanya digunakan pada aplikasi fasa cair dan penyaringan pada gas buang.



Gambar 2. Karbon Aktif Berbentuk Serbuk

2.3.3 Karbon aktif berbentuk *pellet*

Karbon aktif berbentuk *pellet* dibuat melalui proses ekstrud dan berbentuk silinder dengan ukuran diameter dari 0.8 sampai 5 mm. Karbon aktif berbentuk pellet biasanya digunakan untuk aplikasi pada fasa gas karena nilai pressure drop nya rendah, kekuatan mekanik yang tinggi dan rendah kandungan abu (Rahman, et al, 2012).



Gambar 2.1 Karbon Aktif Berbentuk *Pellet*

2.4 Pemanfaatan Karbon Aktif

Pemanfaatan karbon aktif sebagai absorben sangat dikenal luas, berbagai aplikasi terhadap pemanfaatan dari karbon aktif bisa ditemukan dari berbagai aspek, seperti pada proses penjernihan air, pemurnian gas, industri minuman, farmasi, katalisator, dan berbagai macam penggunaan lain. Selain di bidang pengolahan air, karbon aktif dapat digunakan di berbagai industri seperti pengolahan/tambang emas dengan

berbagai ukuran mesh maupun iodine number. Juga digunakan untuk dinding partisi, penyegar kulkas, vas bunga, dan ornamen meja.

Di balik kehitaman warna dari karbon aktif, ternyata sangat kaya manfaat. Karbon aktif dapat digunakan sebagai bahan pemucat, penyerap gas, penyerap logam, menghilangkan polutan mikro misalnya zat organik maupun anorganik, detergen, bau, senyawa phenol dan lain sebagainya. Pada saringan arang aktif ini terjadi proses adsorpsi, yaitu proses penyerapan zat - zat yang akan dihilangkan oleh permukaan arang aktif, termasuk CaCO_3 yang menyebabkan kesadahan (Bansal, et al, 2005).

2.5 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Secara umum proses pembuatan karbon aktif terdiri dari dua tahapan sebagai berikut:

2.5.1 Proses karbonisasi

Menurut Bansal, et al (2005), proses karbonisasi merupakan proses penambahan unsur arang dari bahan dasar pada temperatur dibawah 800°C di dalam inert bertekanan atmosfer. Selama proses karbonisasi, sebagian besar unsur nonkarbon seperti oksigen, hydrogen, dan nitrogen akan hilang sebagai jenis gas yang menguap oleh proses pirolisis terhadap bahan dasar.

2.5.2 Proses aktivasi

Proses aktivasi terbagi menjadi dua, yaitu aktivasi fisika dan kimia. Aktivasi fisika menggunakan uap atau CO_2 sebagai *Activating agent*. Tujuan dari proses aktivasi adalah memperbesar distribusi pori dan memperbesar pori terutama untuk meso pori dan mikro pori sehingga akan memperbesar luas permukaan karbon aktif dengan cara pembakaran yang tidak sempurna (*partial combustion*) (Martin, 2010).

2.5.2.1 Proses aktivasi fisika

Pembuatan karbon aktif menggunakan biji kurma telah dilakukan oleh Sekirifa, et al (2013), Menggunakan proses aktivasi fisika, melalui proses *physical treatment* menggunakan gas karbon dioksida sehingga diperoleh karbon aktif dengan luas BET adalah 604 m²/g. Demiral, et al (2011), melakukan pembuatan karbon aktif dengan menggunakan *olive bagasse* sebagai bahan dasar, dengan temperatur karbonisasi 500°C dan waktu serta temperatur aktivasi yang bervariasi dengan *Steam* sebagai *activating agent* dan diperoleh karbon aktif dengan luas BET 523 hingga 1106 m²/g.

Penelitian terhadap *coffee endocarp* dengan menggunakan *steam* dan CO₂ sebagai *activating agent*, menggunakan temperatur karbonisasi 600°C dan temperatur 700°C sebagai temperatur aktivasi, untuk kedua jenis proses aktivasi diperoleh karbon aktif dengan luas BET terbesar adalah 1287 m²/g (Nabais, et al, 2008).

2.5.3 Proses aktivasi kimia

Proses aktivasi kimia dilakukan dengan berbagai jenis *activating agent*, bahan dasar dicampur dengan *activating agent* dengan beberapa solusi konsentrasi tertentu. Kemudian dipirolisis dengan temperatur antara 400 dan 600 °C tanpa adanya udara. Produk yang sudah dipirolisis dibersihkan dari *activating agent* (Manocha, 2003).

Aktivasi kimia dilakukan dengan mencampurkan arang dengan *chemical agent* seperti *Zink Chloride* (ZnCl₂), *Potassium Hydroxide* (KOH), *phosphoric acid* (H₃PO₄), *sodium hydroxide* (NaOH), *calcium chloride* (CaCl₂) dan diaktivasi didalam *furnace* pada temperatur yang relatif rendah dibandingkan dengan aktivasi fisika (Sharifirad, et al, 2012). Rahman, et al (2012), telah melakukan penelitian pembuatan karbon aktif dari cangkang sawit

Malaysia sebagai bahan dasar dengan menggunakan aktivasi kimia dengan H₃PO₄ sebagai *activating agent*. Luas permukaan BET optimum diperoleh pada temperatur aktivasi 500°C dengan konsentrasi *phosphoric acid* sebanyak 30% dan luas yang diperoleh adalah 1058 m²g⁻¹. Pembuatan karbon aktif dengan menggunakan aktivasi kimia berikutnya telah dilakukan oleh Adinata, et al (2007), *Activating agent* yang digunakan adalah *potassium carbonate* (K₂CO₃) dan cangkang sawit sebagai bahan dasar diperoleh luas BET maksimum pada kondisi temperature 800°C dan lama waktu aktivasi 2 jam adalah sebesar 1170 m²/g. Hesas, et al (2013), juga telah melakukan pembuatan karbon aktif berbahan dasar cangkang sawit dengan menggunakan aktivasi kimia dan ZnCl₂ sebagai *activating agent* dengan lama waktu aktivasi 15 menit diperoleh karbon aktif dengan luas permukaan 1253.5 m²/g.

2.6 Parameter Pengujian Pada Karbon Aktif

2.6.1 Bilangan iodin (*iodine number*)

Bilangan iodin didefinisikan sebagai jumlah iodin (dalam milligram) yang diserap oleh karbon aktif (per gram) dari 0,02 N larutan iodin (ASTM D4607-94) (Yang, 2003). Bilangan iodin merupakan parameter pokok yang digunakan untuk mengetahui karakteristik dari karbon aktif. Bilangan iodin diukur untuk mengetahui tingkatannya (bilangan yang tinggi menunjukkan derajat aktivasi yang tinggi) dan dihasilkan dalam ml/g (biasanya pada kisaran 500-1200 ml/g).

2.6.2 Luas permukaan

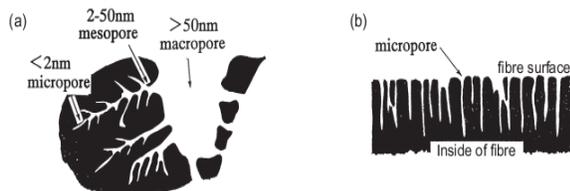
Luas permukaan merupakan suatu cara untuk menyatakan kapasitas adsorpsi dari suatu absorbent atau material berpori. Karakteristik dari karbon aktif dari luas permukaan adalah antara 300 sampai 4000 m²/g, dengan menggunakan BET dan merupakan yang terbesar diantara semua

absorben (Yang, 2003). Brunauer Emmett Teller (BET) merupakan proses pengujian yang dilakukan untuk menentukan luas permukaan dari karbon aktif, yaitu dengan penyerapan nitrogen pada temperature 77 K.

2.7 Struktur Pori

Karbon aktif dengan susunan *microcrystallites* acak dan ikatan antar sesama *microcrystallites* sangat kuat memiliki struktur pori sangat baik. Memiliki densitas rendah (kurang dari 2 gr/cm³). Struktur pori terbentuk selama proses karbonisasi dan aktivasi, yaitu ketika jarak antara Kristal dasar dibersihkan dari tar dan unsur-unsur lain (Bansal, et al, 2005).

Struktur pori dari karbon aktif dibagi menjadi beberapa *range* ukuran dan bentuk. Struktur pori dari karbon aktif ada berbentuk granular dan serat seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2.1 Struktur Pori dari Karbon Aktif:
(a) Granular (b) Serat

Ukuran pori dibagi menjadi tiga rentang ukuran, mikropori, mesopori (pori transisi) dan makropori. Ukuran pori karbon aktif dapat dilihat pada Table 2.2 Berikut:

Tabel 1. Ukuran Pori Karbon Aktif

Diameter Pori (nm)	Jenis Pori
$d < 2$	Mikropori
$2 < d < 50$	Mesopori
$d > 50$	Makropori

3. Metodologi

Proses pembuatan karbon aktif berbahan dasar cangkang sawit dilakukan di

Laboratorium Pendingin Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia. Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan menggunakan *rotary autoclave* dengan metode aktivasi fisika dan gas CO₂ sebagai *activating agent*. Tahapan yang dilakukan dalam proses pembuatan karbon aktif meliputi proses persiapan bahan dasar, proses karbonisasi, proses aktivasi dan pengujian angka *iodine*.

3.1 Proses Pesiapan Bahan Dasar

Cangkang sawit digunakan sebagai bahan dasar (*raw material*) pada proses pembuatan karbon aktif. Sebelum dilakukan proses pembuatan karbon aktif, bahan dasar dihaluskan dengan menggunakan lumpang sehingga berukuran 1 – 2 mm.

3.2 Proses Karbonisasi

Proses karbonisasi dilakukan pada temperatur 500°C dengan laju aliran N₂ sebesar 100 ml/menit. Waktu karbonisasi yang digunakan dengan tiga variasi, yaitu 1 jam, 2 jam dan 3 jam.

3.3 Proses Aktivasi

Proses aktivasi merupakan proses yang dilakukan bertujuan untuk mengoptimalkan karakteristik dari karbon aktif yang dihasilkan. Dengan menggunakan gas CO₂ sebagai *activating agent* dengan laju aliran 250 ml/menit di jaga konstan.

Proses lengkap dari pengujian disajikan pada Tabel 1 berikut:

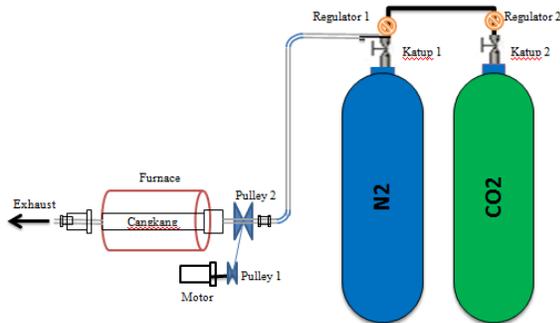
Tabel 1. Proses Pembuatan Karbon Aktif

No	Nama Sampel Karbon Aktif	Temperatur Karbonisasi (°C)	Waktu Karbonisasi (jam)	Temperatur Aktivasi (°C)	Waktu Aktivasi (jam)
1	K50-1				
	A75-2	500	1	750	2
2	K50-1				
	A75-4	500	1	750	4
3	K50-1				
	A75-6	500	1	750	6
4	K50-2	500	2	750	2

5	A75-2 K50-3	500	3	750	2
6	A75-2 K50-3	500	3	750	4
7	A75-4 K50-3	500	3	750	4
8	A80-4 K50-3	500	3	800	4
9	A75-6 K50-3	500	3	750	6
10	A55-4 K50-2	500	3	850	4
11	A75-1 K50-2	500	2	750	1
	A55-3	500	2	750	3

3.4 Skema Alat Pembuatan Karbon Aktif

Skema alat yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif terlihat dari Gambar 1 berikut,



Gambar 1. Skema Alat Pembuatan Karbon Aktif

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil

Karakteristik karbon aktif yang dihasilkan pada proses pembuatan karbon aktif dengan metode aktivasi fisika menggunakan *rotary autoclave* dengan menggunakan gas karbon dioksida sebagai *activating agent* diperoleh karbon aktif dengan angka iodine tertinggi terjadi pada proses yang dilakukan dengan menggunakan temperatur karbonisasi 500°C selama 2 jam dan temperatur aktivasi 750°C selama 2 jam dengan laju aliran karbon dioksida dan nitrogen berturut-turut adalah 100 ml/menit dan 250 ml/menit. Hasil lengkap dari proses pengujian terlihat dari Tabel 2 berikut,

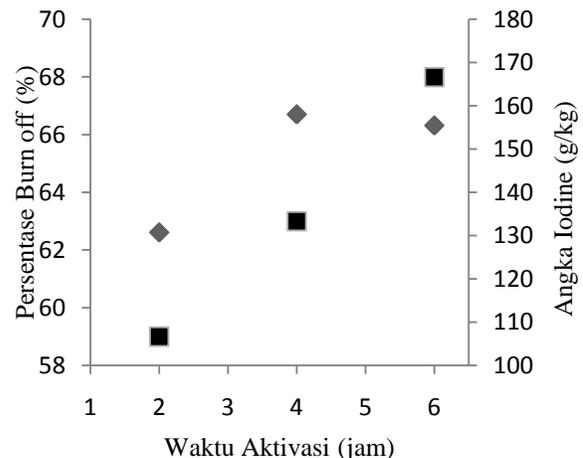
Tabel 2. Karakteristik Karbon Aktif yang Dihasilkan

No	Sampel Karbon Aktif	Temp. Karbonisasi (°C)	Waktu Karbonisasi (jam)	Temp. Aktivasi (°C)	Waktu Aktivasi (jam)	Persentase burn off (%)	Angka Iodine (g/kg)
1	K50-1	500	1	750	2	59	130.74
2	A75-2 K50-1	500	1	750	4	63	158.05
3	A75-4 K50-1	500	1	750	6	68	155.47
4	K50-2 A75-2	500	2	750	2	70	603
5	K50-3 A75-2	500	3	750	2	74	68.56
6	K50-3 A75-4	500	3	750	4	78	397.13
7	K50-3 A80-4	500	3	800	4	81	329.73
8	K50-3 A75-6	500	3	750	6	80	16.28
9	K50-3 A55-4	500	3	850	4	84	219.1
10	K50-2 A75-1	500	2	750	1	65	102.7
11	K50-2 A55-3	500	2	750	3	74.52	126.93

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Waktu Aktivasi terhadap Angka Iodine

Salah satu parameter untuk mengetahui kualitas dari karbon aktif adalah dengan mengetahui *iodine number*, *iodine number* menyatakan bahwa jumlah iodine (dalam gram) yang dapat diserap oleh karbon aktif (dalam kilogram).

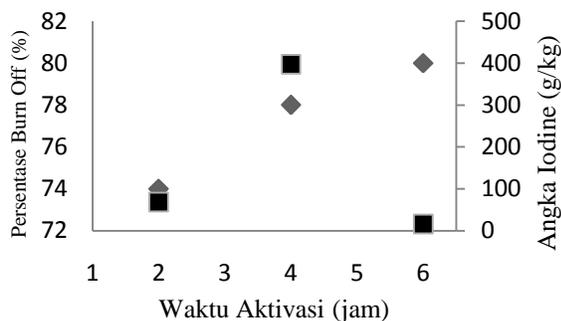


Gambar 2. Grafik Hubungan antara Waktu Aktivasi dengan Angka Iodine dan Persentase Burn Off Karbon Aktif Berbahan Dasar Cangkang Sawit dengan Lama Waktu Karbonisasi 1 Jam; ♦ angka Iodine; ■ Persentase Burn Off

Angka *Iodine* yang diperoleh pada kondisi proses karbonisasi yang dilakukan pada gambar 2 dengan temperatur 500°C dijaga konstan dan laju aliran gas nitrogen (N₂) sebesar 100ml/menit dan lama waktu karbonisasi 1 jam kemudian dilanjutkan dengan proses aktivasi pada temperatur 750°C dengan tiga variasi waktu aktivasi dan laju aliran gas karbon dioksida (CO₂) 250ml/menit seperti terlihat pada Gambar 2. grafik menunjukkan bahwa angka *Iodine* tertinggi yang diperoleh hanya 158,05 g/kg.

Gambar 3. menunjukkan angka *Iodine* yang diperoleh melalui proses yang dilakukan dengan lama waktu karbonisasi selama tiga jam. Proses karbonisasi juga dilakukan pada temperatur 500°C dengan laju aliran nitrogen (N₂) 100 ml/menit kemudian dengan temperatur aktivasi 750°C dan laju aliran gas karbon dioksida (CO₂) 250 ml/menit.

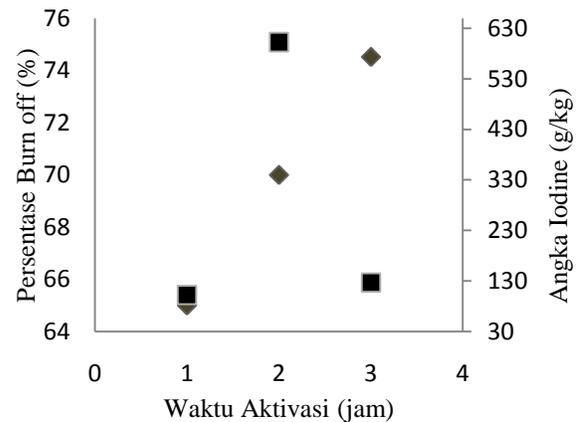
Hasil yang ditunjukkan pada Gambar 3 grafik mengalami perbedaan yang sangat mencolok antara angka *Iodine* pada waktu aktivasi 2 jam, 4 jam, dan 6 jam. Angka *Iodine* tertinggi diperoleh pada kondisi pengujian pada temperatur aktivasi selama 4 jam yaitu sebesar 397.13 g/kg. Sedangkan pada lama waktu aktivasi 6 jam diperoleh angka *Iodine* yang lebih rendah yaitu sebesar 16.28 g/kg.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Waktu Aktivasi dengan Angka Iodine dan Persentase Burn Off Karbon Aktif Berbahan Dasar Cangkang Sawit dengan Lama Waktu Karbonisasi 3 Jam; ■ angka Iodine; ◆ Persentase Burn Off

Perbedaan hasil yang sangat tinggi ini terjadi karena pengaruh lama waktu aktivasi, pada kondisi aktivasi selama 6 jam menyebabkan sebagian besar bahan dasar hangus sehingga menyebabkan tinggi kadar abu dari karbon yang dihasilkan. Kadar abu yang tinggi dapat mengurangi dari kualitas dari karbon yang dihasilkan untuk masuk dalam kategori karbon aktif.

Gambar 4 menyatakan hasil angka *iodine* yang diperoleh pada kondisi temperatur karbonisasi 500°C selama 3 jam dan temperatur aktivasi sebesar 750°C. Laju aliran N₂ dan CO₂ dijaga konstan berturut-turut 100ml/menit dan 250ml/menit.



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Waktu Aktivasi dengan Angka Iodine dan Persentase Burn Off Karbon Aktif Berbahan Dasar Cangkang Sawit dengan Lama Waktu Karbonisasi 2 Jam; ■ angka Iodine; ◆ Persentase Burn Off

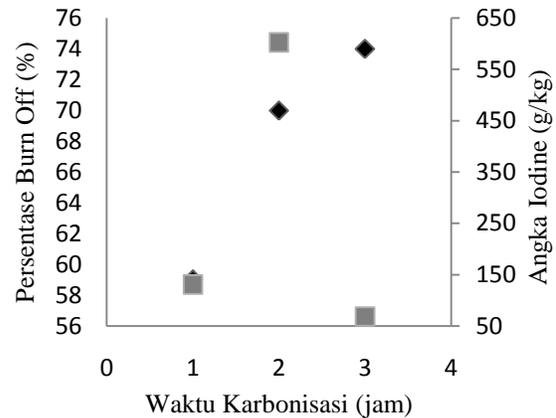
Perbandingan angka iodine yang diperoleh yang tertera pada grafik pada Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai optimum angka iodine ialah pada kondisi aktivasi selama 2 jam dengan temperatur aktivasi 750°C dan temperatur karbonisasi yang digunakan 500°C selama 2 jam angka iodine yang diperoleh adalah 603 g/kg. Perbandingan hasil burn off dari 3 perbedaan waktu aktivasi, bahwa nilai burn off tertinggi diperoleh pada waktu aktivasi 3 jam, namun

hal ini tidak dibarengi dengan angka iodine yang diperoleh. Perbandingan hasil dari ketiga sampel ini terlihat jelas bahwa selisih antara proses aktivasi 1 jam, 2 jam dan 3 jam sangat jauh sekali. Sedangkan selisih rentang waktu hanya 1 jam. Hal ini terjadi karena karakteristik dari bahan dasar sehingga memberi pengaruh besar terhadap hasil dari karbon aktif.

4.2.2 Pengaruh Waktu Karbonisasi terhadap Angka Iodine

Faktor lain yang dapat mempengaruhi dari karakteristik karbon aktif yang akan dihasilkan adalah waktu karbonisasi. Gambar 5 menunjukkan karakteristik karbon aktif yang dihasilkan dengan menggunakan proses karbonisasi pada temperatur 500°C dan aktivasi pada temperatur 750°C selama 2 jam. Laju aliran nitrogen N₂ adalah 100ml/menit dan laju aliran karbon dioksida adalah 250 ml/menit.

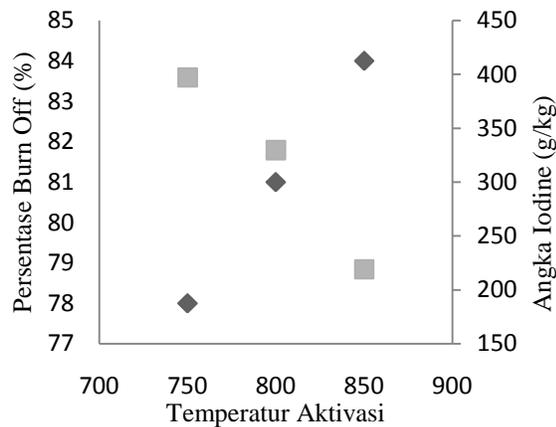
Hasil penelitian yang dilakukan pada pembuatan karbon aktif dengan melakukan variasi terhadap waktu karbonisasi, seperti terlihat pada grafik pada Gambar 5, ternyata lama waktu aktivasi tidak menjanjikan semakin bagus karbon aktif yang dihasilkan. Hasil yang diperoleh pada saat lama proses karbonisasi terlama hanya menghasilkan angka *iodine* sebesar 68,56 g/kg. hasil yang diperoleh sangat berbeda jauh dengan hasil yang diperoleh pada kondisi lama waktu karbonisasi 2 jam, bahkan pada kondisi 1 jam bisa menghasilkan angka *iodine* yang lebih baik yaitu 130,74 g/kg.



Gambar 5. Grafik Hubungan antara Waktu Karbonisasi dengan Angka Iodine dan Persentase Burn Off Karbon Aktif Berbahan Dasar Cangkang Sawit; ■ angka Iodine; ◆ Persentase Burn Off

4.2.3 Pengaruh Temperatur Aktivasi terhadap Angka Iodine

Gambar 6 merupakan karakteristik karbon aktif yang dihasilkan dengan memvariasikan temperatur aktivasi. pembuatan karbon aktif yang dilakukan dengan menggunakan temperatur karbonisasi 500°C selama 3 jam dan aliran gas nitrogen (N₂) 100 ml/menit kemudian dilanjutkan dengan proses aktivasi fisika menggunakan gas karbon dioksida sebagai *activating agent* dengan laju aliran 250 ml/menit. Diperoleh kondisi maksimal pada temperatur aktivasi 750 °C. sedangkan pada temperatur 800°C dan 850°C memiliki angka *iodine* lebih kecil. Karena pada proses di dua kondisi temperatur ini, bahan dasar memiliki persentase *burn off* sangat tinggi. Pada proses pada dua kondisi ini bahan dasar sebagian besar hangus terbakar, karena kandungan yang terdapat dari bahan dasar berpengaruh terhadap temperatur aktivasi.



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Temperatur Aktivasi dengan Angka Iodine dan Persentase Burn Off Karbon Aktif Berbahan Dasar Cangkang Sawit; ■ angka Iodine; ♦ Persentase Burn Off

5. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

- Kesimpulan dari penelitian ini adalah
1. Produksi karbon aktif berbahan dasar limbah cangkang sawit dengan menggunakan aktivasi fisika menggunakan gas karbon dioksida (CO_2) sebagai *activating agent* bisa menghasilkan karbon aktif berstandar komersil.
 2. Pada penelitian yang telah dilakukan diperoleh karakteristik karbon aktif terbaik yang dilihat melalui parameter Angka *Iodine* dengan temperatur karbonisasi 500°C selama 2 jam dengan aliran gas nitrogen (N_2) 100 ml/menit dan menggunakan temperatur aktivasi 750°C selama 2 jam dengan laju aliran karbon dioksida 250 ml/menit sebagai *activating agent* dengan angka *Iodine* 603 g/kg.
 3. Pembuatan karbon aktif dengan menggunakan variasi temperatur aktivasi, waktu karbonisasi dan temperatur aktivasi memberikan karakteristik yang berbeda-beda dari

karbon aktif yang dihasilkan, hal ini dikarenakan sifat dari bahan dasar yang dipengaruhi oleh kandungan bahan dasar.

5.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan adalah sebagai berikut:

1. Perlunya modifikasi autoclave untuk memastikan ketika proses karbonisasi dan aktivasi dilakukan bahan dasar tidak menuju ke ujung autoclave akibat dari laju aliran gas.
2. Proses pembuatan karbon aktif hendaknya dilakukan dengan baik agar hasil akhir dari karbon aktif juga baik.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada ketua Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia, seluruh Staff pengajar dan teknisi yang selalu membantu dalam memudahkan berlangsungnya proses penelitian. Rekan-rekan di laboratorium pendingin, beserta rekan sekerja selama melaksanakan proses penelitian.

Daftar Pustaka

- (1) Abechi S.E., Gimba C.E., Uzairu A., and Dallatu Y.A. 2013. Preparation and Characterization of Activated Carbon from Palm Kernel Shell by Chemical Activation. *Research Journal of Chemical Sciences* ISSN 2231-606X Vol. 3(7), 54-61.
- (2) Adinata, Donni., Daud, Wan, Wan Ashri Mohd, and Aroua, Mohd, Kheireddine. 2007. Preparation and characterization of activated carbon from palm shell by chemical activation with K_2CO_3 . *Bioresource Technology* 98. 145-149.
- (3) Amin A. Jaafar, and Murni M. Ahmad. 2011. Torrefaction of Malaysian Palm Kernel Shell into Value-Added Solid Fuels. *World Academy of Science*,

Engineering and Technology International Journal of Chemical, Materials Science and Engineering Vol:5 No:12.

- (4) Bansal, Roop Chand & Meenakshi Goyal, 2005, *Activated Carbon Adsorption*, Taylor & Francis Group, USA.
- (5) Demiral, Hakan, Demiral, Ilknur, Belgin, Karabacakoglu, and Fatma, Tmsek. 2011. Production of activated carbon from olive bagasse by physical activation. *chemical engineering research and design* 89 206–21.
- (6) Darmawan, S., 2009, Optimasi Suhu dan Lama Aktivasi dengan Asam Fosfat dalam Produksi Arang Aktif Tempurung Kemiri, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan* 2(2): 51-56.
- (7) Joshi Sahira, Adhikari Mandira, Pokharel Bhadra Prasad, and Pradhananga Raja Ram. 2013. Effects of Activating Agents on the Activated Carbons Prepared from Lapsi Seed Stone. *Research Journal of Chemical Sciences* ISSN 2231-606X Vol. 3(5), 19-24.
- (8) Joo, M. Nabais, Valente, Nunes, Pedro, Carrott, Peter, J, M, Carrott, M. Manuela L. Ribeiro, García, A. Macías, and Díaz-Dez, M, A. 2008. Production of activated carbons from coffee endocarp by CO₂ and steam activation. *Fuel Processing Technology* 89 (2008) 262–26.
- (9) Mahmud, Sudibandriyo., Lydia., 2011. Karakteristik Luas Permukaan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Dengan Aktivasi Kimia, *Jurnal Teknik Kimia Indonesia* Vol. 10, No. 3, 149-156.
- (10) Manocha, Satish. M, 2003. Porous Carbons. *Sadhana* volume 28 part 1 & 2 pp 335-348, India.
- (11) Marsh, Harry and Francisco Rodriguez-Reinoso, *Activated Carbon*, Elsevier Ltd, Oxford, UK, 2006.
- (12) Martin, Awaludin. 2010. “Adsorpsi Isotermal Karbon Dioksida dan Metana pada Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara Sub Bituminus Indonesia untuk Pemurnian dan Penyimpanan Gas Alam”. Disertasi. Departemen Teknik Mesin FT-UI.
- (13) Mohamed L. Sekirifa, Hadj-Mahammed, Mahfoud, Pallier, Stephanie, Baameur, Lotfi, Dominique, Richard, and Ammar H. Al-Dujaili. 2013. Preparation and characterization of an activated carbon from a date stones variety by physical activation with carbon dioxide. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 99 155–160.
- (14) Nwabanne, J.T., and Igbokwe P.K., 2011, Preparation of Activated Carbon from Nipa Palm Nut: Influence of Preparation Conditions, *Research Journal of Chemical Sciences* Vol. 1(6), 53-58.
- (15) Sharifirad M. Koohyar F., Rahmanpour S.H., and Vahidifar M. 2012. Preparation of Activated Carbon from Phragmites Australis: Equilibrium Behaviour Study. *Research Journal of Chemical Sciences* ISSN 2277-2502 Vol. 1(8), 10-16.
- (16) Yang, Ralph. T, 2003, *Adsorbents: Fundamentals and Applications*, John Wiley and Sons, New Jersey.