

PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI LIMBAH KULIT SINGKONG UKM TAPIOKA KABUPATEN PATI

Ikawati (L2C006060) dan Melati (L2C006072)

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Soedharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058
Pembimbing: Dr. Ing. Suherman, ST, MT.

Abstrak

Kabupaten Pati, Jawa Tengah merupakan salah satu sentra industri pembuatan tepung tapioka yang memakai singkong (Manihot esculenta) sebagai bahan baku. Industri ini banyak menghasilkan limbah padat berupa kulit singkong. Penduduk setempat belum memanfaatkan limbah kulit singkong ini secara maksimal. Oleh karena itu, pada penelitian ini dikembangkan suatu proses pembuatan karbon aktif dari kulit singkong yang dapat digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan impuritas seperti zat warna, pemurnian air, obat-obatan, dan lain-lain. Proses ini terdiri dari dua tahapan yaitu aktivasi dan karbonasi. Kulit singkong kering diaktivasi secara kimia menggunakan KOH 0,3 N selama 1 jam pada suhu 50⁰C di dalam mixer kemudian dikeringkan. Sedangkan, karbonasi dilakukan di dalam furnace elektrik (oksigen terbatas) pada suhu 300⁰, 450⁰, 600⁰, dan 750⁰C selama 1, 2, dan 3 jam. Uji kualitas dan kuantitas karbon aktif meliputi uji kadar abu, kadar air, uji daya jerap karbon aktif, dan yield. Bilangan iodine optimal terbentuk pada temperatur karbonisasi 300⁰C dan lamanya waktu karbonisasi 2 jam yaitu 606,589 mg/g dengan total kandungan abu 4,934%, yield 40,083%, dan kadar air 1,419%.

Kata kunci: karbon aktif; kulit singkong; limbah tapioka

Abstract

In sub-province Pati, Central Java is one of main central industry of tapioca production which use of cassava as raw material. The industry cause solid waste like as cassava peel. The local residents not yet used the waste maximally. Therefore, the research is developed a process of manufacture activated carbon form cassava peel which able to be used as adsorbent to remove impurities particularly related to colorant, water purification, medicine and others. The process is consist two main stages which is activation and carbonation. Dried cassava peel was activated chemically with potassium hydroxide (KOH) solution 0.3 N during 1 hour at 50⁰C in mixer then dried. Whereas, carbonation was held during 1 hour at 300⁰, 450⁰, 600⁰, and 750⁰C in electrical furnace (limited oxygen). Test of the quality and quantity of activated carbon include test levels of ash, water content, yield, and iodine adsorption. The research results show that optimal iodine numbers is 606.589 mg/g that was formed in the carbonization temperature of 300⁰C and the length of carbonization time of 2 hours that with a total ash content of 4.934%, yield 40.083%, and 1.419% water content.

Key words: activated carbon; cassava peel; tapioca waste

1. Pendahuluan

Di kecamatan Margoyoso, sekitar 399 usaha kecil menengah mengelola usaha produksi tapioka. Usaha ini tersebar di tiga desa yaitu desa Ngemplak Kidul, desa Sidomukti dan desa Ngemplak Lor. Di desa Sidomukti ini, sekitar 63 pengrajin tapioka beroperasi setiap hari dengan kapasitas terpasang antara 5-25 ton singkong per hari. Harga bahan baku berkisar Rp 1.000,00/kg. Produk sampingannya berupa ampas singkong basah, ampas kering, *lindur*, dan kulit singkong. Jumlah limbah kulit singkong sekitar 40 ton/hari. Selama ini limbah ini belum dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat setempat. Limbah tersebut digunakan untuk pakan ternak dan selebihnya dibuang karena mengandung *Cyanogenic glucosides* yang dapat meracuni hewan ternak (Nursita, 2005).

Limbah kulit singkong ini bisa dimanfaatkan menjadi produk karbon aktif (Sudaryanto dkk, 2006). Proses pembuatan karbon aktif dari limbah kulit singkong ini sangat sederhana, yakni proses aktivasi dan karbonisasi. Karbon aktif memiliki banyak manfaat, misalkan sebagai pembersih air, pemurnian gas, industri gula, pengolahan limbah cair dan sebagainya (Michael, 1995). Konsumsi karbon aktif dunia semakin meningkat setiap tahunnya,

misalkan pada tahun 2007 mencapai 300.000 ton/tahun. Sedangkan negara besar seperti Amerika kebutuhan perkapitanya mencapai 0,4 kg per tahun dan Jepang berkisar 0,2 kg per tahun (Chand dkk, 2005). Hal ini berdampak pada harga karbon aktif yang semakin kompetitif. Di pasaran dalam negeri harga karbon aktif antara Rp 6.500/kg sampai Rp 15.000/kg tergantung pada kualitasnya (Pari, 2002). Bahkan di pasaran internasional karbon aktif dengan bilangan *iodine* lebih besar 1.000 m²/gram dapat mencapai 20 dolar Amerika per kilonya (Suzuki, 2007).

Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi (Chand dkk, 2005). Beberapa limbah hasil pertanian seperti jerami padi, jerami gandum, kulit kacang, bambu dan serabut kelapa dapat dimanfaatkan menjadi produk karbon aktif dan telah dikaji secara mendalam dengan berbagai prosedur yang berbeda (Yalçin, 2000; Lartey, 1999; Baksi dkk, 2003).

Proses pembuatan karbon aktif dibagi menjadi dua macam yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Dalam proses pembuatan karbon aktif berbahan dasar kulit singkong sebaiknya menggunakan cara aktivasi kimia. Hal ini berdasarkan pertimbangan aspek ekonomis. Proses aktivasi fisika membutuhkan suhu tinggi 600-900°C. Kondisi operasi tersebut membutuhkan energi listrik yang diperlukan cukup besar. Oleh karena itu, aktivasi fisika tidak ekonomis khususnya untuk skala industri kecil. Sedangkan kelebihan aktivasi kimia adalah kondisi suhu dan tekanan operasinya relatif lebih rendah. Selain itu, efek penggunaan bahan kimia mampu meningkatkan jumlah pori-pori dalam produk. Yield karbon yang dihasilkan aktivasi kimia juga lebih tinggi daripada aktivasi fisika (Suzuki, 2007).

Jenis bahan kimia yang dapat digunakan sebagai aktivator adalah hidroksida logam alkali garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya ZnCl₂, asam-asam anorganik seperti H₂SO₄ dan H₄PO₄, dan uap air pada suhu tinggi. Unsur-unsur mineral dari persenyawaan kimia yang ditambahkan tersebut akan meresap ke dalam arang dan membuka permukaan yang semula tertutup oleh komponen kimia sehingga volume dan diameter pori bertambah besar (Michael, 1995). Pemilihan jenis aktivator akan berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif. Beberapa jenis senyawa kimia yang sering digunakan dalam industri pembuatan karbon aktif adalah ZnCl₂, KOH, dan H₂SO₄ (Sembiring, 2003; Yalçin, 2000). Masing-masing jenis aktivator akan memberikan efek/pengaruh yang berbeda-beda terhadap luas permukaan maupun volume pori-pori karbon aktif yang dihasilkan.

Pada penelitian terdahulu karbon aktif dari kulit singkong diaktivasi dengan KOH dan dikarbonisasi pada suhu tinggi menggunakan aliran nitrogen sebagai gas inert (Sudaryanto dkk, 2006). Sedangkan pada penelitian ini lebih ditujukan pada pembuatan karbon aktif untuk skala komersial industri kecil. Proses pembuatan karbon aktif dilakukan di dalam furnace elektrik tanpa bantuan gas inert atau dalam kondisi oksigen terbatas. Penggunaan senyawa KOH sebagai aktivator dipilih dengan spesifikasi teknis. Analisis kualitas karbon aktif didasarkan pada spesifikasi yang diterima di pasar yaitu bilangan iodine, kadar air, dan kadar abu.

Potensi limbah kulit singkong di kecamatan Margoyoso, kabupaten Pati sangat berlimpah. Oleh karena itu kulit singkong sebagai sumber karbon dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif dengan cara aktivasi kimia dengan menggunakan KOH guna meningkatkan nilai ekonomisnya. Selain itu, juga merupakan solusi untuk mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan pendapatan UKM.

Tujuan penelitian ini adalah (1) memanfaatkan limbah kulit singkong menjadi karbon aktif yang bernilai ekonomi. (2) Merancang metode pembuatan karbon aktif dari kulit singkong yang mudah diterapkan oleh masyarakat maupun industri. (3) Mengetahui kondisi operasi optimum yang berupa suhu dan waktu pembakaran pada proses karbonisasi pada pembuatan karbon aktif dari kulit singkong. (4) Mempelajari pengaruh dari lama dan suhu karbonisasi terhadap daya jerap karbon aktif.

Ruang lingkup penelitian ini meliputi pembuatan karbon aktif yang optimal dan efisien sehingga dapat diterapkan untuk skala industri kecil. Analisis karbon aktif meliputi yield, bilangan iodine, kadar abu, dan kadar air untuk mengetahui kualitas karbon yang diterima di pasar.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Kulit singkong yang dipakai pada eksperimen ini adalah bagian yang berwarna putih. Kulit singkong mengandung beberapa komponen yang dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Kandungan kulit singkong

Elemen	C	H	O	N	S	Ash	H ₂ O
Wt %	59,31	9,78	28,74	2,06	0,11	0,3	11,4

Sebelum digunakan kulit singkong dibersihkan dan dicuci untuk menghilangkan tanah liat dan impuritas inorganik lainnya. Kemudian kulit singkong dipotong dengan ukuran 50×5 mm dan dikeringkan di dalam oven selama 24 jam pada suhu 120°C untuk mengurangi kandungan airnya. Untuk aktivasi kimia digunakan kristal KOH dan aquades dari Laboratorium Proses Teknik Kimia UNDIP. Khemikalia untuk analisis terdiri dari larutan Iodium 0,1 N, larutan indikator amilum 1 %, larutan Na₂S₂O₃ 0,1 N, kristal KI *p.a* (Merck), larutan HCl pekat *p.a* (Merck), dan kertas saring *Whatman 42*.

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan karbon aktif terdiri dari reaktor tangki berpengaduk yang dilengkapi jaket pemanas dan pengontrol suhu (lihat gambar 1), penumbuk/penggiling arang, ayakan mesh dengan ukuran 100 mesh, *furnace electric* merk Ney Vulcan 3-550, oven listrik merk *Precision*, pH meter dan eksikator, sedangkan peralatan yang digunakan untuk analisis antara lain alat-alat gelas laboratorium, timbangan listrik, pengaduk magnet, dan kompor listrik.



Gambar 1. Alat Aktivator (1). tangki; (2). pemanas; (3). termokontrol; (4). motor; (5). pengaduk

Zat aktivator yang digunakan adalah KOH 0,3 N. Pada eksperimen ini akan dipelajari perbedaan suhu dan lamanya waktu karbonisasi untuk memperoleh kondisi optimal dalam pembentukan karbon aktif dari kulit singkong.

Pembentukan karbon aktif ini melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah **aktivasi kimia** dengan KOH. Pada tahap ini, 200 gram kulit singkong kering dikontakkan dengan larutan KOH 0,3 N di dalam mixer (RTB). Aktivasi kimia ini berlangsung selama 1 jam pada suhu 50⁰C. selanjutnya, kulit singkong ditiriskan dan dioven selama 24 jam pada suhu 120⁰C. Tahap kedua adalah **karbonisasi**. Kulit singkong kering diletakkan di dalam furnace elektrik yang dilengkapi pengontrol suhu dan dikarbonisasi pada suhu (T) tertentu yaitu 300⁰C, 450⁰C, 600⁰C, dan 750⁰C. Kecepatan kenaikan suhu furnace sebesar 10⁰C/menit dari suhu ruangan (berkisar 29⁰C) samapi suhu yang diinginkan tercapai. Lamanya waktu (t) karbonisasi adalah 1, 2, dan 3 jam.

Tahap ketiga adalah **netralisasi dan pencucian**. Karbon aktif yang terbentuk dinetralkan menggunakan larutan HCl 0,5 N dan dicuci dengan aquades panas dan dingin sehingga tercapai pH 6,5. Selanjutnya karbon aktif dikeringkan di dalam oven selama 2 jam pada suhu 110⁰C.

3. Hasil dan Pembahasan

Beberapa spesifikasi karbon aktif dihasilkan dari penelitian ini. Perbedaan suhu dan lamanya waktu karbonisasi memberikan karakteristik karbon aktif yang berbeda seperti yield, bilangan iodine, kadar abu, dan kadar air. Berdasarkan hasil analisa penelitian ini menghasilkan beberapa jenis spesifikasi produk karbon aktif yang dapat ditunjukkan pada tabel 2 berikut ini,

Tabel 2. Hasil analisis produk karbon aktif

Run	Variabel Karbonisasi		Hasil Analisis			
	T, °C	t, jam	Yield, %wt	Bil iodine, mg/g	Abu, %wt	Air, %wt
1	300	1	38,98	592,58	3,824	2,1855
2	300	2	40,08	606,59	4,934	1,4185
3	300	3	42,29	472,44	5,643	0,0491
4	450	1	31,09	518,16	5,912	0,2958
5	450	2	32,45	548,64	10,592	0,3410
6	450	3	31,17	502,92	16,476	0,1240
7	600	1	22,06	469,46	9,243	0,0401
8	600	2	13,81	489,46	14,890	0,0819
9	600	3	16,56	445,98	16,900	0,0464
10	750	1	9,33	-	30,011	0
11	750	2	9,25	-	30,270	0
12	750	3	8,91	-	31,425	0

Karbon aktif yang baik adalah karbon aktif yang memenuhi standar atau persyaratan yang ditetapkan oleh pasar salah satunya, Standar Industri Indonesia (SII). Persyaratan karbon aktif menurut SII dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini,

Tabel 3. Persyaratan Karbon aktif Menurut SII No.0258 -79*

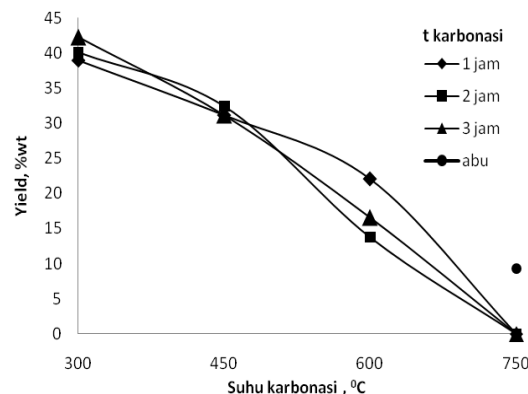
Jenis	Persyaratan
Bagian yang hilang pada pemanasan 950 ⁰ C	Maksimum 15%
Air	Maksimum 10%
Abu	Maksimum 2,5%
Bagian yang tidak diperarang	Tidak nyata
Daya Serap terhadap larutan I	Minimum 20%

(*Sembiring, dkk 2003)

Yield Karbon Aktif

Pengaruh suhu terhadap yield karbon aktif

Suhu karbonisasi memberikan pengaruh besar pada yield karbon aktif yang terbentuk. Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu, yield pembentukan karbon aktif semakin turun. Hal ini disebabkan sebagian besar zat volatil termasuk karbon hilang (teroksidasi) bersamaan dengan kenaikan suhu karbonisasi. Oksidasi lanjut ini dipicu oleh tidak adanya zat inert selama proses pemanasan berlangsung di dalam furnace. Zat inert seperti nitrogen dan argon dapat mencegah oksidasi lanjut yang tidak diinginkan dalam reaksi ini, lihat persamaan (4). Selain itu, jenis zat aktivator KOH merupakan basa kuat yang dapat mengkatalis reaksi oksidasi (Sudaryanto dkk, 2006).



Gambar 2. Hubungan suhu dan waktu karbonasi terhadap yield karbon aktif

Pada suhu 750⁰C dengan lama karbonisasi 1 jam, hasil karbonasi berupa padatan berwarna putih sebesar 9,33 (%wt) dari kulit singkong yang dikarbonasi. Pada temperatur 750⁰C merupakan titik minimal pembentukan karbon aktif karena tingginya suhu (750⁰C) menyebabkan zat volatil termasuk sebagian besar karbon teroksidasi dan menyisakan residu padatan yaitu potasium karbonat (*melting point* 891⁰C). Padatan potasium karbonat ini bersifat non-volatil dan terbentuk pada reaksi suhu tinggi antara KOH dengan material karbon sebagai berikut ini (Cao et all, 2005),



Pengaruh waktu terhadap yield karbon aktif

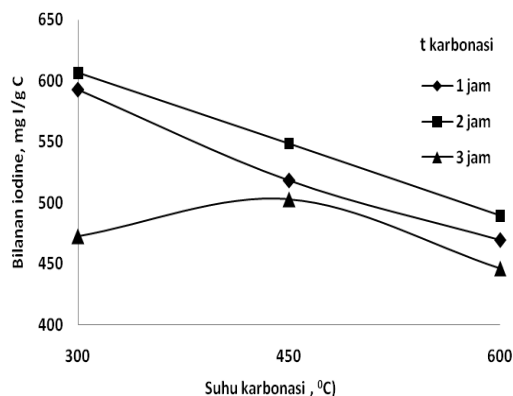
Lamanya waktu karbonisasi tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap yield karbon aktif (lihat gambar 2) kecuali pada temperatur 600⁰C dimana tempo karbonisasi 1 jam merupakan kondisi optimal pembentukan karbon aktif.

Bilangan Iodine

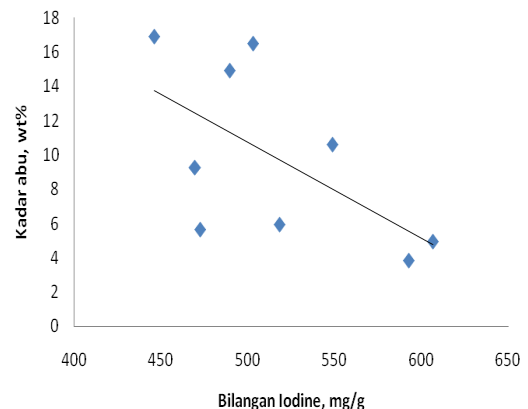
Daya jerap/adsorpsi karbon aktif terhadap iodine mengindikasikan kemampuan karbon karbon aktif untuk mengadsorpsi komponen dengan berat molekul rendah (Suzuki et al, 2007). Karbon aktif dengan kemampuan menyerap iodine-nya tinggi berarti memiliki luas permukaan yang lebih besar dan juga memiliki struktur micro dan mesoporous yang lebih besar. Hasil karbon aktif penelitian ini memiliki bilangan iodine minimal 445,98 mg/g. Bilangan iodine ini telah sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh SII No.0258-79 (lihat tabel 3) yaitu sebesar 20% (200 mg/g)

Pengaruh suhu terhadap bilangan iodine

Kapasitas adsorpsi iodine ditunjukkan pada gambar 3. Semakin tinggi suhu karbonasi maka bilangan iodine makin turun, karena kandungan abu pada produk karbon aktif semakin meningkat seiring dengan peningkatan temperatur karbonisasi (lihat gambar 5). Prosentase abu yang terbentuk semakin besar maka bilangan iodine akan semakin kecil (lihat gambar 4). Keberadaan abu ini dapat menyempatkan pori-pori pada struktur karbon aktif sehingga mengurangi luas permukaannya. Hal ini menyebabkan daya jerap (bilangan iodine) semakin menurun.



Gambar 3. Hubungan suhu dan waktu karbonasi terhadap bilangan iodine karbon aktif



Gambar 4. Hubungan bilangan iodine terhadap kadar abu

Pengaruh waktu terhadap bilangan iodine

Semakin lama waktu karbonasi, maka bilangan iodine makin turun (lihat gambar 3, pada suhu yang sama). Hal ini disebabkan proses karbonisasi merupakan reaksi oksidasi dimana semakin lama waktu proses tersebut maka zat volatil dan karbon akan semakin berkurang dan meninggalkan residu berupa K_2CO_3 yang semakin banyak. Tingginya residu atau abu ini maka akan mengurangi kemampuan absorpsi karbon aktif terhadap iodine.

Sedangkan pada t 3 jam, bilangan iodine optimal naik pada temperatur 450°C kemudian turun pada temperatur 600°C. Pembentukan pori-pori optimal dapat dilihat dengan analisa bilangan iodine dimana semakin besar bilangan iodine-nya maka pori-pori yang terbentuk semakin banyak atau dengan kata lain luas permukaan karbon aktif semakin besar. Pada gambar 3 bilangan iodine maksimal terbentuk pada t 2 jam dan temperatur 300°C yaitu sebesar 606,589 mg/g.

Kadar Abu

Abu adalah oksida-oksida logam dalam arang yang terdiri dari mineral yang tidak dapat menguap (non-volatile) pada proses pengabuan (dikarbonisasi). Kandungan abu sangat berpengaruh pada kualitas karbon aktif. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang (Scroder, 2006). Selain itu juga menyebabkan korosi di mana karbon aktif yang telah terbentuk menjadi rusak. Hasil analisis produk karbon aktif pada tabel 2 menunjukkan bahwa prosentase kadar abu produk penelitian ini masih di bawah standar yang ditetapkan oleh SII No.0258-79 (lihat tabel 3) yaitu maksimal 2,5 (%wt). Hasil analisis memperlihatkan prosentase kadar abu penelitian ini berkisar antara 3,8424-16,476 (%wt).

Pengaruh suhu terhadap kadar abu

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi, kadar abu semakin meningkat. Peningkatan ini disebabkan oleh kenaikan suhu karbonisasi yang memicu teroksidanya sebagian besar zat volatil termasuk pula karbon. Sedangkan abu tidak terikut teroksidasi karena bukan merupakan zat volatil. Hal ini menyebabkan prosentase abu (%wt) semakin meningkat sejalan dengan kenaikan suhu. Kandungan abu terendah adalah 3,8% (%wt) yang terbentuk pada suhu 300°C.



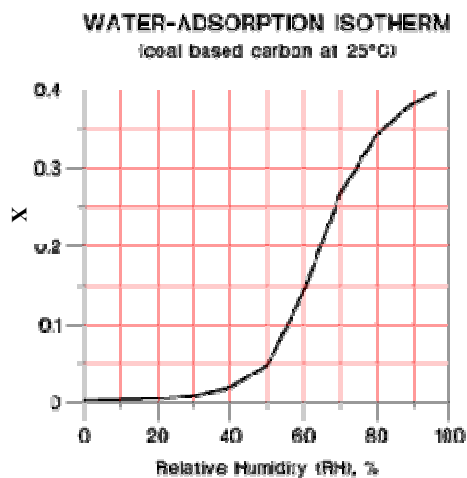
Gambar 5. Hubungan suhu dan waktu karbonisasi terhadap kadar abu karbon aktif

Pengaruh waktu terhadap kadar abu

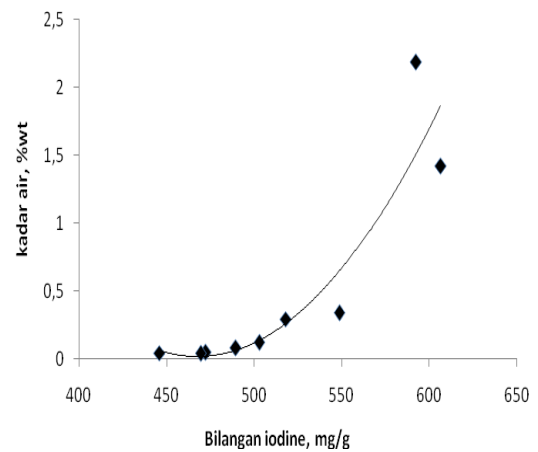
Semakin lama waktu karbonisasi, maka kadar abu semakin meningkat (lihat gambar 5). Hal ini disebabkan semakin lama proses karbonisasi berarti semakin lama proses oksidasi yang memicu penghilangan dan teroksidasinya zat volatil beserta karbon.

Kadar Air

Keberadaan air di dalam karbon berkaitan dengan sifat higroskopis dari karbon aktif, dimana umumnya karbon aktif memiliki sifat afinitas yang besar terhadap air. Gambar 6 menunjukkan bahwa pada relative humidity di atas 60%, karbon aktif mampu menyerap uap air dalam jumlah yang sangat besar. Sifat yang sangat higroskopis inilah, sehingga karbon aktif digunakan sebagai adsorbent. Pada tabel 2 menunjukkan bahwa hasil karbon aktif penelitian ini memiliki persen kadar air maksimal 2,1855 (%wt). Kadar air ini telah memenuhi persyaratan karbon aktif menurut SII No.0258 -79 (lihat tabel 3).



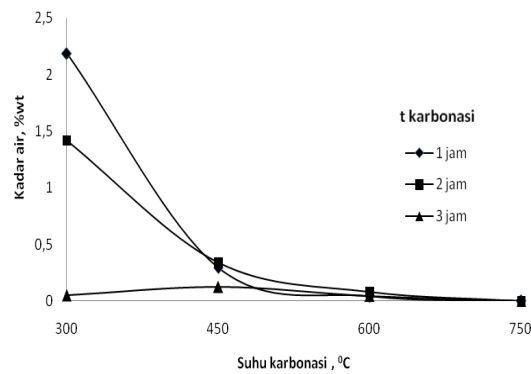
Gambar 6. Kurva kesetimbangan uap air pada karbon aktif. (Mike Worrall, 2007)



Gambar 7. Hubungan bilangan iodine terhadap kadar air

Gambar 7 menunjukkan semakin tinggi bilangan iodine maka semakin besar air yang mampu diserap. Karbon dengan bilangan iodine tinggi memiliki luas permukaan yang besar atau pori-pori yang banyak sehingga lebih banyak menyerap dan menyimpan air dari udara sekitar.

Sedangkan gambar 8 menunjukkan bahwa temperatur dan lamanya waktu karbonisasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar air yang bisa diserap. Kadar air semakin turun dengan kenaikan temperatur dan lamanya waktu karbonisasi. Namun pada t 3 jam kadar air mengalami kenaikan pada suhu 450⁰C dan mulai menurun pada suhu 600⁰C. Hal ini sejalan penjelasan sebelumnya mengenai bilangan iodine.



Gambar 8. Hubungan suhu dan waktu karbonasi terhadap kadar air karbon aktif

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

- Produk karbon aktif telah memenuhi standar SII No.0258-79 kecuali kadar abu.
- Yield pembentukan karbon aktif sangat dipengaruhi temperatur karbonasi dimana semakin tinggi suhu maka yield pembentukan semakin turun. Sedangkan, lamanya waktu karbonasi tidak memberikan pengaruh terhadap yield yang terbentuk.
- Bilangan iodine semakin turun dengan adanya peningkatan suhu karbonasi dan semakin lama waktu karbonasi. Bilangan iodine optimal terbentuk pada temperatur karbonisasi 300°C dan lamanya waktu karbonisasi 2 jam yaitu 606,589 mg/g dengan total kandungan abu 4,934%, yield 40,083%, dan kadar air 1,419%.
- Kadar abu semakin meningkat dengan adanya peningkatan suhu karbonisasi dan lama waktu karbonasi.
- Kadar air menunjukkan penurunan dengan adanya kenaikan temperatur dan lamanya waktu karbonasi. Kadar air juga menunjukkan peningkatan dengan seiring dengan peningkatan bilangan iodine
- Pembuatan karbon aktif dari kulit singkong dapat menjadi alternatif diversifikasi dan teknologi bersih untuk UKM Tapioka di Kabupaten Pati.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada:

1. Direktorat Dirjen Dikti yang telah memdananai penelitian ini dalam program Program Kegiatan Mahasiswa Penerapan Teknologi (PKMT) sebesar Rp6.000.000,-
2. Asosiasi Pendidikan Tinggi Teknik Kimia Indonesia (APTEKINDO) yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mempresentasikan dan mempublikasikan makalah penelitian ini dalam Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia (SNTKI) 2009 dan prosiding bertema “Peran Teknik Kimia dalam menjamin Ketahanan Pangan dan Energi Nasional” ISBN 978-979-98300-1-2

Daftar Notasi

- T = temperatur karbonasi, °C
t = tempo/lamanya waktu karbonasi, jam

Daftar Pustaka

- Chao, Qing, et all, (2005), “Process Effect an Activated Carbon with Spesific Surface Area from Corn Cob”. Key Laboratory for Coal Science and Technology of Shanxi Province and Ministry of Education Taiyuan University of Technology, China, hal 110-115.
- Chand Bansal, Roop dan Meenakshi Goyal.,(2005).”*Activated Carbon Adsorption*”, Lewis Publisher, United States of America.
- Lartey, R.B. dan Francis Acquah, (1999), “*Developing National Capability For Manufacture Of Activated Carbon From Agricultural Wastes*”, Institute Of Industrial Research, Csiir, Ghana. Published In The Ghana Engineer Reprinted With Ghie Permission By The African Technology Forum.
- Michael Roy, Glenn, (1995), “*Activated Carbon Applications in the Food and Pharmaceutical Industries*”, Lewis Publisher , United States of America
- Nursita, (2005), “Sifat Fisik dan Palabilitas Wafe Ransum Komplit untuk Domba dengan Menggunakan Kulit Singkong”, *Skripsi*, Departemen Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor.

- N. Yalçın, V. Sevinç, (2000), "Studies of the Surface Area and Porosity of Activated Carbons Prepared from Rice Husks", Sakarya University, Art and Sciences Faculty, Chemistry Department, Serdivan, Sakarya, Turkey.
- Pari, Gustan, (2002), "Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu", Insitut Pertanian Bogor.
- R.M. Suzuki, dkk, (2007), "Preparation and Characterization of Activated Carbon from Rice Bran", Departemen of Chemistry, Universidade Estadual de Maringó, Brazil, hal 1985-1991.
- Scroder, eliabeth, et all, (2006), "Experiment on the Generation of activated carbon from Biomass", Institute for Nuclear ang energy Technologies Forschungs Karlsruhe, Germany, hal 106-111.
- Sembiring, Meiliata Tryana dan Tuti Sarma, S, (2003), "Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)", USU Digital Library, Indonesia, hal 1-9.
- S. Baksi, Soumitra Biswas, dan S Mahajan, (2003), "Activated Carbon from Bamboo - Technology Development towards Commercialisation", Department of Chemical Engineering of IIT, Bombay
- Y. Sudaryanto, dkk (2006), "High Surface Area Activated Carbons Prepared from Cassava Peel by Chemical Activation. Chemical Engineering", Widya Mandala Surabaya Catholic University, hal 734-739.