

Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Kulit Singkong (*Manihot esculenta* Crantz) Menggunakan *Activating Agent* KOH

Rendi Hadi Santoso*, Bambang Susilo, Wahyunanto Agung Nugroho

Jurusan Keteknikaan Pertanian-Fakultas Teknologi Pertanian-Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145

*Penulis Korespondensi, Email: rrendihadi@yahoo.com

ABSTRAK

Kulit singkong merupakan limbah hasil pengupasan pengolahan produk pangan berbahan dasar umbi singkong. Limbah kulit singkong ini bisa dimanfaatkan menjadi produk karbon aktif. Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan proses dehidrasi, karbonisasi dan dilanjutkan dengan proses aktivasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *Activating Agent* KOH terhadap karakteristik karbon aktif kulit singkong, mengetahui konsentrasi *Activating Agent* KOH yang optimum untuk pembuatan karbon aktif kulit singkong, serta mengetahui potensi kulit singkong sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Penelitian ini adalah jenis penelitian dengan rancangan percobaan berupa RAL (Rancangan Acak Lengkap). Percobaan dilakukan untuk mempelajari pengaruh konsentrasi KOH terhadap karakteristik karbon aktif. Hasil terbaik diperoleh pada perlakuan konsentrasi KOH 3 M dengan karakteristik, yaitu bilangan iodine sebesar 1113,863 mg/g, kadar air sebesar 6,349 %, kadar abu sebesar 9,217 % serta densitas sebesar 0,951 g/mL.

Kata Kunci : *Activating Agent*, Aktivasi, Dehidrasi, Karbon Aktif, Karbonisasi, Kulit Singkong

Preparation and Characterization of Activated Carbon from Cassava Peel (Manihot esculenta Crantz) Using Activating Agent KOH

ABSTRACT

Cassava peel is the waste of food processing products made from cassava tubers. Cassava peel can be utilized as a product of activated carbon. Preparation of activated carbon made by the process of dehydration, carbonization and followed by activation process. The purpose of this research was to investigate the effect of *Activating Agent* KOH concentration on the characteristics activated carbon from cassava peel, determine the optimum concentration of *Activating Agent* KOH for the manufacture of activated carbon from cassava peel and to know the potential of cassava peel as raw material for activated carbon. This research is a kind of experimental design research with a completely randomized design. The experiments were conducted to study the effect of KOH concentration on the characteristics of activated carbon. The best results were obtained in KOH concentration 3 M with the characteristics of iodine number 1113.863 mg/g, water content 6.349%, ash content 9.217% and density 0.951 g / mL.

Keyword : Activated Carbon, *Activating Agent*, Activation, Carbonization, Cassava Peel, Dehydration

PENDAHULUAN

Penduduk Indonesia sebagian besar menggantungkan hidupnya dari penghasilan bercocok tanam. Komoditas pertanian di Indonesia sangatlah beragam, mulai dari komoditas dengan nilai jual yang tinggi seperti durian sampai komoditas dengan nilai jual rendah seperti singkong. Menurut Balitbang Pertanian (2010), singkong menduduki urutan ketiga sebagai sumber karbohidrat di Indonesia setelah padi dan jagung. Umumnya singkong digunakan sebagai bahan pangan, baik diolah langsung menjadi makanan maupun sebagai bahan baku pembuatan tepung.

Produksi singkong di Indonesia pada tahun 2012 mencapai 24.177.372 ton (BPS Kementerian Pertanian, 2013). Dengan melimpahnya produksi singkong di Indonesia, akan sangat disayangkan jika pemanfaatannya tidak maksimal. Pemanfaatan singkong saat ini hanya terbatas pada dagingnya saja, sedangkan kulit singkong sebagian digunakan untuk pakan ternak dan selebihnya dibuang sebagai sampah. Sedikitnya pemanfaatan limbah kulit singkong ini, mengakibatkan terbuangnya bahan baku yang sebenarnya potensial. Kulit singkong dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan karbon aktif karena mengandung cukup banyak unsur karbon. Pada saat ini pembuatan karbon aktif umumnya menggunakan bahan baku dari tempurung kelapa ataupun kayu. Sedangkan penggunaan limbah kulit singkong sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif masih sangat sedikit. Tentunya jika karakteristik karbon aktif dari limbah kulit singkong adalah baik, maka akan menjadi nilai tambah bagi komoditas singkong.

Karbon aktif merupakan padatan amorf berbentuk heksagonal datar dengan sebuah atom C pada setiap sudutnya serta mempunyai permukaan yang luas dan jumlah pori yang sangat banyak (Baker *et al.*, 1997). Karbon aktif adalah bentuk umum dari berbagai macam produk yang mengandung karbon yang telah diaktifkan untuk meningkatkan luas permukaannya (Manes, 1998). Karbon aktif berbentuk kristal mikro karbon grafit dengan pori-pori yang telah berkembang kemampuannya dalam mengadsorpsi gas dan uap dari campuran gas dan zat-zat yang tidak larut atau yang terdispersi dalam cairan (Roy, 1995).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Teng dan Hsu (1999), KOH dapat dipergunakan sebagai bahan pengaktif karbon yang mempunyai kemampuan aktivasi baik, selain mudah harganya juga murah. Kemudian pada penelitian Sudibandriyo dan Lydia (2011), dikatakan bahwa aktivator yang lebih baik digunakan untuk pembuatan karbon aktif dari ampas tebu dengan metode aktivasi kimia ialah KOH dibandingkan $ZnCl_2$. Dengan pertimbangan tersebut maka penelitian ini menggunakan kulit singkong sebagai bahan baku dengan *Activating Agent* KOH. Sehingga diharapkan karbon aktif kulit singkong yang dihasilkan mampu memberikan nilai tambah terhadap para pelaku pengolahan singkong dan dapat diproduksi dengan skala yang lebih besar.

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari ayakan 100 mesh, blender tepung, oven, neraca analitik, *Hot Plate*, *Magnetic Stirrer*, *Furnace* dan desikator. Sedangkan bahan yang digunakan terdiri dari kulit singkong, aluminum foil, larutan KOH, larutan HCl 0,5 N, larutan Iodine 0,1 N, larutan Natrium Tiosulfat 0,1 N, larutan Amilum 1% dan aquades.

Metode Penelitian

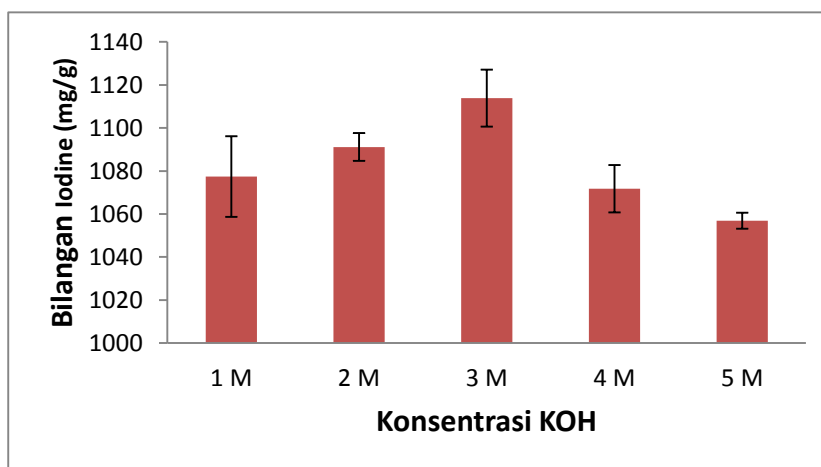
Penelitian yang dilaksanakan ini adalah jenis penelitian dengan rancangan percobaan berupa RAL (Rancangan Acak Lengkap). Percobaan dilakukan untuk mempelajari pengaruh konsentrasi KOH terhadap karakteristik karbon aktif. Parameter yang diamati adalah bilangan iodine, kadar air, kadar abu dan densitas karbon aktif. Untuk memperoleh hasil yang akurat maka dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali untuk masing-masing perlakuan.

Sebelum digunakan kulit singkong dibersihkan dan dicuci untuk menghilangkan tanah liat dan impuritas inorganik lainnya. Kemudian kulit singkong yang digunakan hanya bagian putihnya saja. Sedangkan kulit singkong bagian cokelat dibuang. Kulit singkong bagian putih dipotong dengan ukuran 50×5×5 mm dan dikeringkan di dalam oven selama 24 jam pada suhu 105 °C untuk mengurangi kandungan airnya. Sampel yang sudah kering dibungkus menggunakan aluminum foil kemudian dikarbonisasi menggunakan *furnace* dengan suhu 300 °C selama 2 jam. Kemudian karbon hasil karbonisasi dihaluskan dan disaring menggunakan ayakan 100 mesh. Sebanyak 25 gram karbon kulit singkong hasil karbonisasi kemudian diaktivasi secara kimia menggunakan larutan KOH 100 mL dengan variasi konsentrasi, yaitu 1 M, 2 M, 3 M, 4 M dan 5 M. Proses ini berlangsung pada suhu 80 °C selama 1 jam menggunakan *Magnetic Stirrer* dan *Hot Plate*. Karbon hasil aktivasi selanjutnya diendapkan selama 24 jam. Kemudian endapan karbon yang dihasilkan dipisahkan dengan cara membuang cairan sisa aktivasi. Selanjutnya endapan karbon dinetralisasi menggunakan HCL 0,5 N serta dicuci berkali-kali menggunakan aquades sampai pHnya normal (pH antara 6-7). Setelah dicuci karbon aktif dioven selama 24 jam pada suhu 105 °C. Karbon aktif kemudian disimpan menggunakan desikator untuk menjaga karbon aktif tetap kering.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Konsentrasi *Activating Agent* KOH Terhadap Bilangan Iodine Karbon Aktif

Adsorpsi iodine telah banyak digunakan untuk menentukan kemampuan atau daya adsorpsi karbon aktif. Bilangan iodine dinyatakan dalam satuan mg/g, hal tersebut menyatakan jumlah iodine (mg) yang mampu diadsorpsi oleh satu gram karbon aktif. Daya adsorpsi karbon aktif terhadap iodine menandakan kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi partikel-partikel dengan ukuran molekul yang lebih kecil. Dari penentuan bilangan iodine tersebut diperoleh data mengenai pengaruh konsentrasi KOH terhadap bilangan iodine karbon aktif sebagai berikut :



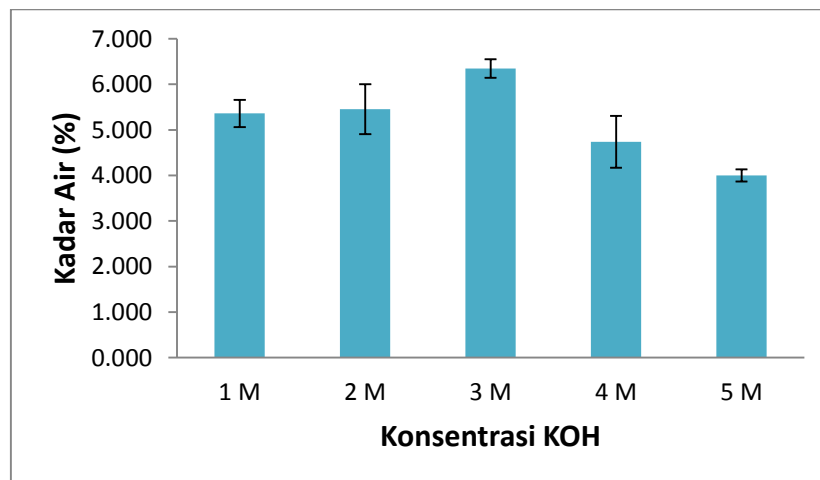
Gambar 1. Diagram Bilangan Iodine Karbon Aktif

Dari diagram diatas terlihat bahwa pengaruh konsentrasi KOH terhadap bilangan iodine menunjukkan terjadi peningkatan bilangan iodine dari konsentrasi 1 M, 2 M sampai dengan 3 M. Pada konsentrasi KOH 1 M diperoleh bilangan iodine karbon aktif sebesar 1077,426 mg/g. Pada konsentrasi KOH 2 M diperoleh bilangan iodine karbon aktif sebesar 1091,122 mg/g. Dan pada konsentrasi KOH 3 M diperoleh bilangan iodine karbon aktif sebesar 1113,863 mg/g. Dari ketiga konsentrasi KOH tersebut terjadi peningkatan bilangan iodine yang cukup signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi KOH mengakibatkan pori-pori karbon aktif yang terbentuk semakin banyak, sehingga daya adsorpsi terhadap larutan iodine juga semakin besar. Namun hal tersebut bertolak belakang dengan data bilangan iodine untuk konsentrasi KOH 4 M dan 5 M. Pada konsentrasi KOH 4 M didapatkan bilangan iodine sebesar 1071,734 mg/g. Jumlah bilangan iodine tersebut turun cukup signifikan dari konsentrasi KOH 3 M. Sedangkan pada konsentrasi KOH 5 M diperoleh bilangan iodine sebesar 1056,937 mg/g. Jumlah bilangan iodine ini turun sangat jauh dari bilangan iodine tertinggi, yaitu turun sebesar 56,926 mg/g. Dan bilangan iodine pada konsentrasi KOH 5 M ini merupakan yang terkecil dari konsentrasi KOH lainnya yang diberikan.

Bilangan iodine tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi KOH memberikan pengaruh terhadap terbukanya pori-pori karbon aktif pada saat aktivasi. Semakin tinggi konsentrasi KOH yang diberikan, maka semakin banyak pori-pori yang terbentuk. Namun konsentrasi KOH yang terlalu tinggi justru dapat mengakibatkan pori-pori karbon aktif yang terbentuk menjadi rusak. Hal tersebut sama halnya dengan penelitian dari Mu'jizah (2010) mengenai pembuatan karbon aktif dari biji kelor dengan aktivator NaCl. Karbon aktif yang terbentuk pada konsentrasi NaCl 30 % mempunyai pori-pori yang berkembang sempurna, sedangkan pada konsentrasi 15 % - 25 % pori yang terbentuk belum berkembang sempurna. Konsentrasi NaCl 35 % - 40 % menjadikan sebagian pori karbon aktif rusak sehingga daya serap karbon aktif terhadap iodin menurun.

Pengaruh Konsentrasi Activating Agent KOH Terhadap Kadar Air Karbon Aktif

Kadar air menunjukkan persentase kandungan air yang terdapat di dalam karbon aktif. Keberadaan air ini dapat disebabkan oleh sifat higroskopis karbon aktif. Sehingga jika bereaksi dengan udara bebas, maka uap air yang terdapat di udara akan teradsorpsi pada pori-pori karbon aktif. Keberadaan air di dalam karbon aktif ini akan menutupi pori-pori karbon aktif dan akan menyebabkan menurunnya daya adsorpsi karbon aktif yang dihasilkan. Perlakuan perbedaan konsentrasi *Activating Agent* larutan KOH memberikan nilai kadar air yang berbeda pada karbon aktif. Berikut data hasil pengujian kadar air dari karbon aktif kulit singkong :



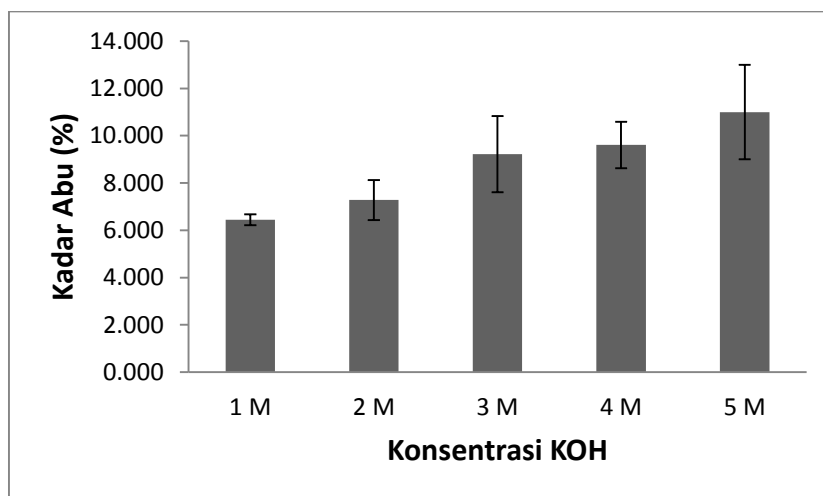
Gambar 2. Diagram Kadar Air Karbon Aktif

Diagram hasil pengujian kadar air karbon aktif diatas menunjukkan bahwa konsentrasi KOH memberikan hasil yang berbeda terhadap kadar air karbon aktif. Dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan kadar air pada kenaikan konsentrasi KOH 1 M, 2 M sampai dengan 3 M. Pada konsentrasi KOH 1 M diperoleh kadar air karbon aktif sebesar 5,362 %. Pada konsentrasi KOH 2 M diperoleh kadar air karbon aktif sebesar 5,457 %. Dan pada konsentrasi KOH 3 M diperoleh kadar air karbon aktif sebesar 6,349 %. Sedangkan pada konsentrasi KOH 4 M dan 5 M, nilai kadar air karbon aktif cenderung menurun. Penurunan kadar air tersebut terlihat cukup signifikan jika dibandingkan dengan kadar air karbon aktif yang lainnya. Pada konsentrasi KOH 4 M diperoleh kadar air karbon aktif sebesar 4,738 % dan pada konsentrasi KOH 5 M diperoleh kadar air karbon aktif sebesar 3,999 %.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa peningkatan konsentrasi KOH memberikan pengaruh terhadap kenaikan nilai kadar air karbon aktif. Dan peningkatan kadar air tersebut mencapai nilai tertinggi pada konsentrasi 3 M. Sedangkan untuk konsentrasi KOH yang lebih besar dari 3 M, yaitu pada konsentrasi KOH 4 M dan 5 M nilai kadar air karbon aktif mengalami penurunan. Nilai kadar air yang diperoleh berbanding lurus dengan bilangan iodine karbon aktif. Hal tersebut diakibatkan oleh semakin besar bilangan iodine karbon aktif, maka semakin banyak pula pori-pori yang terdapat pada karbon aktif. Jumlah pori-pori inilah yang nantinya berpengaruh terhadap kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi partikel-partikel yang ukurannya lebih kecil, seperti halnya uap air. Dengan kata lain, semakin besar jumlah pori-pori karbon aktif maka semakin besar daya adsorpsi serta sifat higroskopis karbon aktif. Pernyataan yang sama juga diungkapkan oleh Ikawati dan Melati (2010), bahwa 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. Demikian pula menurut Idrus dkk. (2013), bahwa karbon aktif yang didiamkan 2-3 hari di dalam desikator akan menyebabkan terjadinya interaksi dengan udara bebas. Sehingga karbon aktif yang memiliki daya serap yang tinggi akan mampu menyerap air dari lingkungannya lebih banyak.

Pengaruh Konsentrasi *Activating Agent* KOH Terhadap Kadar Abu Karbon Aktif

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 (Schroder *et al.*, 2006). Berikut data hasil pengujian kadar abu dari karbon aktif kulit singkong :



Gambar 3. Diagram Kadar Abu Karbon Aktif

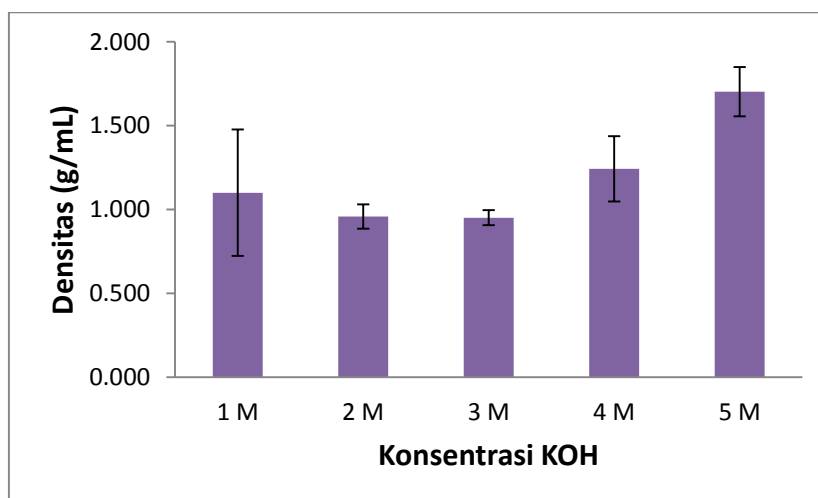
Gambar diatas menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi KOH yang diberikan, maka semakin besar pula nilai kadar abu yang dihasilkan. Pada konsentrasi KOH 1 M diperoleh kadar abu karbon aktif sebesar 6,447 %. Pada konsentrasi KOH 2 M diperoleh kadar abu karbon aktif sebesar 7,280 %. Pada konsentrasi KOH 3 M diperoleh kadar abu karbon aktif sebesar 9,217 %. Pada konsentrasi KOH 4 M diperoleh kadar abu karbon aktif sebesar 9,608 %. Dan pada konsentrasi KOH 5 M diperoleh kadar abu karbon aktif sebesar 10,995 %. Secara umum nilai kadar abu karbon aktif pada penelitian ini cukup tinggi. Nilai kadar abu terendah adalah 6,447 %, yaitu pada konsentrasi KOH 1 M. sedangkan yang tertinggi adalah 10,995 % yang diperoleh pada konsentrasi KOH 5 M.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa peningkatan konsentrasi KOH memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai kadar abu karbon aktif. Semakin tinggi konsentrasi KOH yang diberikan maka semakin tinggi pula nilai kadar abu karbon aktif yang dihasilkan. Namun nilai kadar abu pada penelitian ini berbeda dengan nilai kadar abu pada penelitian Suhendarwati dkk. (2013) mengenai pembuatan karbon aktif berbahan dasar ampas tebu dan aktivator KOH. Pada penelitian tersebut didapatkan bahwa peningkatan konsentrasi KOH justru menyebabkan penurunan nilai kadar abu karbon aktif ampas tebu. Sehingga semakin tinggi konsentrasi KOH yang diberikan maka semakin kecil kadar abu karbon aktif yang dihasilkan.

Perbedaan hasil pada penelitian ini diperkirakan karena proses pencucian masih belum maksimal, sehingga mineral-mineral sisa aktivasi masih belum hilang secara sempurna. Hal ini karena semakin besar konsentrasi KOH yang diberikan, maka semakin banyak mineral yang tertinggal di dalam karbon aktif. Walaupun karbon aktif dilakukan pencucian, namun belum dapat memastikan bahwa sisa-sisa KOH, HCl maupun mineral-mineral lainnya hilang secara sempurna. Pada penelitian Mu'jizah (2010) mengenai pembuatan karbon aktif berbahan dasar biji kelor dan aktivator NaCl. Dikatakan bahwa semakin besar konsentrasi NaCl maka semakin besar kadar abu yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena semakin besar konsentrasi NaCl yang digunakan untuk merendam biji kelor, maka semakin besar pula mineral yang mungkin tertinggal di dalam karbon aktif.

Pengaruh Konsentrasi *Activating Agent* KOH Terhadap Densitas Karbon Aktif

Densitas atau berat jenis merupakan salah satu parameter yang menunjukkan perkembangan pori-pori karbon aktif. Aktivasi karbon aktif menggunakan larutan KOH mampu membuka pori-pori karbon aktif yang dihasilkan. Aktivasi ini lah yang menyebabkan karbon aktif memiliki pori-pori yang besar Berikut data pengujian densitasi atau berat jenis karbon aktif dari kulit singkong :



Gambar 4. Diagram Densitas Karbon Aktif

Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai densitas karbon aktif mengalami penurunan dari konsentrasi KOH 1 M, 2 M sampai dengan 3 M, walaupun penurunannya tidak terlalu signifikan. Kemudian naik kembali pada konsentrasi KOH 4 M dan 5 M. Pada konsentrasi KOH 1 M diperoleh densitas karbon aktif sebesar 1,100 g/mL. Pada konsentrasi KOH 2 M diperoleh densitas karbon aktif sebesar 0,958 g/mL. Pada konsentrasi KOH 3 M diperoleh densitas karbon aktif sebesar 0,951 g/mL. Sedangkan pada konsentrasi KOH 4 M diperoleh densitas karbon aktif yang meningkat cukup signifikan, yaitu sebesar 1,242 g/mL. Dan pada konsentrasi 5 M densitas karbon aktif meningkat kembali sebesar 1,703 g/mL.

Pengukuran densitas karbon aktif pada penelitian ini menggunakan pengukuran densitas partikel, yaitu dengan hanya memperhatikan volume partikel atau padatan karbon aktif. Penurunan nilai densitas karbon aktif pada konsentrasi KOH 1 M, 2 M dan 3 M yang tidak signifikan diperkirakan karena pori karbon aktif yang terbentuk adalah mikropori (pori berukuran <2 nm). Sehingga volume padatan karbon aktif masih relatif hampir sama. Namun pada konsentrsai KOH 4 M dan 5 M, nilai densitas karbon aktif meningkat cukup signifikan. Hal tersebut menandakan bahwa volume padatan karbon aktif semakin menurun. Penurunan volume padatan karbon aktif ini dikarenakan konsentrasi KOH yang terlalu tinggi mengakibatkan mikropori karbon aktif menjadi rusak dan menyebabkan terbentuknya makropori (pori berukuran >50 nm) karbon aktif. Jadi dapat dikatakan bahwa densitas partikel karbon aktif berbanding terbalik dengan volume padatan. Menurut Rahayu (2010), densitas padat (particle density) merupakan hasil bagi massa partikel dengan volume partikel suatu bahan. Densitas ini tidak memperhitungkan volume pori suatu bahan. Sehingga semakin tinggi volume partikel, maka semakin rendah densitasnya.

KESIMPULAN

Perbedaan konsentrasi *Activating Agent* KOH memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik karbon aktif yang dihasilkan, yaitu terhadap bilangan iodine, kadar air, kadar abu serta densitas karbon aktif. Konsentrasi *Activating Agent* KOH terbaik pada penelitian ini adalah konsentrasi KOH 3 M dengan karakteristik bilangan iodine sebesar 1113,863 mg/g, kadar air sebesar 6,349 %, kadar abu sebesar 9,217 % serta densitas sebesar 0,951 g/mL.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker FS, Miller CE, Repik AJ and Tollens ED. 1997. **Activated carbon**. Di dalam : Ruthven DM, editor. *Encyclopedia of Separation Technology*, Volume 1 (A kirk-Othmer Encyclopedia). New York: J Wiley
- Balitbang Pertanian. 2010. <<http://www.pertanian.go.id>> Dilihat 29 Desember 2013
- BPS Kementerian Pertanian. 2013. <<http://www.pertanian.go.id>> Dilihat 29 Desember 2013
- Idrus R., Boni Pahlano L. dan Yoga S. P. 2013. **Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa**. *Prisma Fisika*, Vol. I, No. 1 (2013), Hal. 50 - 55 ISSN 2337-8204
- Ikawati dan Melati. 2010. **Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Singkong UKM Tapioka Kabupaten Pati**. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang
- Manes, M. 1998. **Activated carbon adsorption fundamental**. Di dalam: Meyers RA, editor. *Encyclopedia of Environmental Analysis and Remediation*. Volume 1. New York: J Wiley
- Mu'jizah, S. 2010. **Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Biji Kelor (*Moringa oleifera*. Lamk) dengan NaCl Sebagai Bahan Pengaktif**. Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang
- Rahayu, M. J. 2010. <<http://eremjezone.blogspot.com/2010/05/kerapatan-berat-jenis.html?m=1>> Dilihat 9 Juli 2014

- Roy GM. 1995. **Activated Carbon Applications in The Food and Pharmaceutical Industries**. Pennsylvania: Technomic
- Schroder, E., Thomauske K., Weber C., Hornung A. and Tumiatti V. 2006. **Experiment on The Generation of Activated Carbon From Biomass**. Institute For Nuclear and Energy Technologies Forschungs Karlsruhe, Germany, hal 106-111
- Sudibandriyo, M. dan Lydia. 2011. **Karakteristik Luas Permukaan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Dengan Aktivasi Kimia**. Jurnal Teknik Kimia Indonesia Vol. 10, No. 3, 2011, 149-156. Depok
- Suhendarwati, L., S. Bambang dan D. S. Liliya. 2013. **Pengaruh Konsentrasi Larutan Kalium Hidroksida pada Abu Dasar Ampas Tebu Teraktivasi**. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang
- Teng H. and Hsu, L. Y. 1999. **High Porosity Carbon Prepared from Bituminous Coal with Potassium Hydroxide Activation**. J. of Ind Eng Chem. Res., 38 (8) : 2947-2953