

PENGARUH VARIASI SUHU KARBONISASI TERHADAP MIKROSTRUKTUR DAN DERAJAT KRISTALINITAS KARBON AKTIF KULIT SINGKONG SEBAGAI BAHAN DASAR GDL (GAS DIFFUSION LAYER)

Vathasia Kartika^{*)}, Ratnawulan^{**)}, Gusnedi^{**)}

^{*)}Mahasiswa Lulusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang,

^{**)}Dosen Pengajar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang

e-mail: vathasia@gmail.com

ABSTRACT

The energy crisis is an old problem that has continued until today. Fuel Cell is one answer to solve the problem of this energy crisis. One type of fuel cell that is growing up now is the PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell). The main components that play an important role in the PEMFC is the GDL (Gas Diffusion Layer). GDL important role in the electron transfer process, so the material must essentially activated carbon which has a high absorption. Activated carbon is commonly used CNT (Carbon Nano Tube) are hard to get and expensive. Peel cassava is one of the alternative carbon sources that can be processed into activated carbon. This study aims to determine the effect of carbonization temperature on the microstructure and the degree of crystallinity of activated carbon cassava peel. Variations carbonization temperature are 300 0C, 400 0C and 500 0C. Activated carbon microstructure characterization of cassava peel is done with SEM (Scanning Electron Microscopy), while the characterization of the degree of crystallinity is done by XRD (X-Ray Diffraction). The results showed that the size of the pores formed is still relatively macropore is greater than 0.5 micrometers, whereas the calculation of the degree of crystallinity for each of the various samples were 36.64%, 30.20% and 30.54%. Shell activated carbon potential of cassava as a raw material GDL is based on the degree of crystallinity, but still do not meet the standards based microstructures are formed.

Keywords: Activated Carbon, peel Cassava, carbonization temperature, microstructure, degree of crystallinity

PENDAHULUAN

Krisis energi merupakan salah satu tantangan berat yang harus dihadapi saat ini. Hal ini meliputi pemenuhan kebutuhan energi listrik sebagai salah satu kebutuhan primer penduduk di dunia. Energi listrik sangat berperan penting dalam menunjang segala kebutuhan dan aktivitas manusia, tetapi sumber energinya mulai berkurang karena sebagian besar penduduk dunia menggunakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, khususnya di Indonesia. Salah satu inovasi efektif yang dapat menjawab masalah ini adalah *Fuel Cell* sebagai teknologi bersih yang menjanjikan.

Full Cell adalah suatu divais elektrokimia yang dapat mengkonversi energi kimia menjadi energi listrik. Prinsip kerjanya hampir sama dengan baterai, tetapi *Fuel Cell* dapat diisi secara terus menerus dari penyediaan bahan bakar H_2 dan O_2 dari luar. Berbeda dengan baterai, elektrode *Fuel Cell* bersifat katalitik dan stabil, dimana H_2 bertindak sebagai anode dan O_2 bertindak sebagai katode.

Teknologi *Fuel Cell* memberikan peluang sebagai pembangkit listrik tanpa polusi di udara dan limbah berbahaya. Awalnya digunakan pada teknologi luar angkasa. Teknologi ini dapat bersaing karena memiliki tendensi yang kuat dan dapat bersaing dengan teknologi nuklir sekalipun.^[1]

Fuel Cell memiliki beberapa klasifikasi berdasarkan tipe elektrolitnya. Salah satu jenis *Fuel Cell* yang paling sederhana tetapi masih dalam tahap perkembangan hingga saat ini adalah PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*). Sel bahan bakar membran penukar proton bebas emisi dan banyak memiliki keunggulan dibandingkan jenis yang lain diantaranya dapat beroperasi pada temperatur rendah yaitu antara 60 – 800C, efisiensi tinggi, kerapatan daya tinggi, *startup* yang cepat, sistem ketahanan yang baik, plat bipolar merupakan 80% dari total volume, 70% dari total berat, dan 60% dari total biaya produksi pada perangkat PEMFC^[2].

PEMFC terdiri dari komponen elektrolit dan GDE (*Gas Diffusion Electrode*) yang tersusun dari

lembaran GDL (*Gas Diffusion Layer*) dan CL (*Catalyst Layer*). GDL merupakan salah satu komponen utama dalam sel PEMFC, memiliki beberapa fungsi antara lain mendifusikan gas Hidrogen sebagai anoda dengan gas Oksigen sebagai katoda, menjadi *catalytic support*, serta menjadi media penghantar pergerakan elektron^[1]. Material yang menyusun GDL sebagai media penghantar elektron adalah karbon yang harus memiliki sifat porous dan konduktif. Biasanya karbon yang digunakan adalah *carbon paper*, *carbon cloth*, atau *carbon nanotube*, tetapi untuk mendapatkan jenis karbon tersebut dibutuhkan proses produksi yang rumit dan harga yang mahal. Dalam hal ini karbon yang digunakan adalah karbon aktif, yaitu karbon hitam yang telah mengalami proses aktivasi agar sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995. Salah satu parameter uji karbon aktif menurut standar SNI 06-3730-1995 adalah lolos uji mesh. Ukuran ayakan yang sesuai menurut standar SNI adalah minimal 90 mesh.

Pada dasarnya karbon sangat mudah ditemukan dilingkungan sekitar, karena karbon merupakan salah satu unsur yang sangat melimpah di bumi. Salah satu sumber karbon adalah kayu, batu bara, serat alam, dan lain – lain. Karbon dapat dihasilkan dari proses penguraian senyawa organik dengan oksigen terbatas, sehingga terurai menjadi arang dengan unsur karbon yang tinggi, inilah yang disebut dengan proses karbonisasi.

Penelitian tentang karbon aktif telah banyak dilakukan, diantaranya adalah penelitian yang telah dilakukan oleh Ikawati dan Melati (2009) yang mengkaji pembuatan karbon aktif dari limbah kulit singkong untuk keperluan sebagai adsorben^[3]. Namun tidak mengkaji kualitas karbon aktif dari segi mikrostruktur dan derajat kristalinitasnya. Sedangkan pengkajian tentang mikrostruktur dan derajat kristalinitas sangat penting untuk mengetahui kualitas daya serap dari karbon aktif. Selain itu penelitian Purwanto (2011) yang hanya mengkaji karbon aktif tempurung kelapa sawit melalui proses karbonisasi saja, tanpa melakukan proses aktivasi untuk memperluas permukaan porinya^[4]. Sedangkan proses aktivasi sangat berguna untuk membersihkan permukaan pori karbon aktif dari sisa-sisa pengotor setelah dikarbonisasi. Untuk itu telah dapat diketahui bahwa banyak sumber karbon alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan dasar GDL komponen utama PEMFC, salah satunya adalah arang dari kulit singkong.

Kulit singkong merupakan salah satu limbah organik yang belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat. Pada umumnya kulit singkong hanya digunakan sebagai makanan ternak. Apalagi di daerah Kamang Magek Agam, produksi kerupuk kamang yang banyak menggunakan singkong sebagai bahan baku, menghasilkan limbah kulit singkong yang begitu banyak pula. Kulit singkong tersebut hanya

dibuang karena masyarakat sekitar jarang menggunakan kulit singkong sebagai makanan ternak. Sedangkan bila dikaji lebih dalam, kulit singkong berpotensi sebagai sumber karbon alternatif. Kulit singkong mengandung 59,31% karbon^[5]. Artikel ini menjelaskan penelitian pengaruh variasi suhu karbonisasi terhadap mikrostruktur dan derajat kristalinitas karbon aktif kulit singkong sebagai bahan dasar GDL (*Gas Diffusion Layer*).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahap penelitian yaitu persiapan sampel, preparasi sampel, karakterisasi sampel, analisis dan pengolahan data, penarikan kesimpulan dan penyusunan laporan hasil penelitian.

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Fisika Material UNP, laboratorium Kimia UNP, laboratorium Biologi UNP, laboratorium PT SEMEN PADANG. Penelitian ini berlangsung dari 11 Mei sampai 31 Juli 2015

B. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah: neraca ohaus, cawan penguap, cawan penumbuk, oven, *furnance*, ayakan 200 mesh, *magnetic stirrer hot plate*, termometer, kertas saring, pH meter indikator, SEM, dan XRD.

2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan selama penelitian ini adalah : kulit singkong, KOH 3M, HCl 0,5 N, aquades.

C. Prosedur Penelitian

Langkah kerja dalam penelitian ini adalah :

1. Persiapan Sampel

Tahap persiapan sampel meliputi pengadaan kulit singkong yang telah dipilih kualitasnya terlebih dahulu. Gambar 1 memperlihatkan kulit singkong yang sedang dibersihkan dari kulit luarnya.



Gambar 1. Pembersihan Kulit Singkong

Setelah dibersihkan, kulit singkong dipotong-potong dengan ukuran rata-rata (3x4) cm, agar memiliki ukuran yang homogen dan dijemur terlebih dahulu. seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Penjemuran Kulit Singkong

Proses penjemuran dilakukan untuk mengeringkan potongan-potongan kulit singkong dari sisa air pencucian sebelumnya. Penjemuran dilakukan dari pukul 09.00-15.00 selama 2hari dibawah sinar matahari.

2. Preparasi Sampel

Potongan-potongan kulit singkong didehidrasi menggunakan oven, dengan tujuan menghilangkan kadar air yang masih terkandung dalam kulit singkong. Proses dehidrasi ini dilakukan pada suhu 70°C dalam waktu 2 jam. Gambar 3 menunjukkan kulit singkong yang telah didehidrasi dengan menggunakan oven.



Gambar 3. Potongan-Potongan Kulit Singkong yang Telah didehidrasi

Hasil dari proses dehidrasi menyebabkan potongan-potongan kulit singkong lebih kering dan keras dari sebelumnya. Setelah itu semua potongan kulit singkong dibagi kedalam 3 wadah, masing-masing wadah untuk masing-masing variasi suhu karbonisasi. Tiap wadah harus memiliki massa yang sama. Proses penimbangan diperlihatkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Proses Penimbangan Kulit Singkong

Setelah ditimbang, diketahui bahwa massa dari potongan-potongan kulit singkong untuk masing-masing variasi suhu karbonisasi adalah 163 gr.

3. Pengarangan

Pengarangan dilakukan untuk mengubah kulit singkong menjadi arang hitam. Hal ini penting agar saat melakukan karbonisasi menggunakan furnace, kulit singkong tidak menimbulkan banyak asap, dengan kata lain tidak mengandung banyak air. Proses pengarangan ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Proses Pengarangan Kulit Singkong

Proses pengarangan dilakukan hingga potongan-potongan kulit singkong berubah warna menjadi hitam, hal ini harus selalu diawasi agar tidak banyak kulit singkong yang berubah menjadi abu. Gambar 6 menunjukkan potongan-potongan kulit singkong yang telah mengalami proses pengarangan.



Gambar 6. Kulit Singkong yang telah diarang

Secara kasat mata, potongan-potongan kulit singkong yang telah mengalami pengarangkan memiliki warna hitam yang tidak sempurna. Hal ini dilakukan untuk menjaga tidak adanya kulit singkong yang berubah menjadi abu.

4. Karbonisasi

Sebelum melakukan proses karbonisasi, potongan kulit singkong dibungkus terlebih dahulu menggunakan aluminium foil. Proses pembungkusan dengan aluminium foil dilakukan agar tidak terjadi kontak antara potongan-potongan kulit singkong dengan udara sekitar. Setelah itu dilakukan proses karbonisasi untuk masing-masing variasi suhu yaitu 300°C , 400°C , dan 500°C . Waktu karbonisasi berlangsung selama 2 jam untuk masing-masing variasi suhu. Hasil proses karbonisasi ditunjukkan oleh Gambar 7.



Gambar 7. Karbon Aktif Kulit Singkong Hasil Karbonisasi

Setelah proses karbonisasi selesai, kulit singkong telah berubah menjadi karbon aktif. Karbon aktif tersebut ditumbuk menggunakan cawan penumbuk, agar berubah menjadi serbuk karbon aktif, sehingga bisa melakukan salah satu uji parameter SNI tentang karbon aktif yaitu uji lolos mesh.

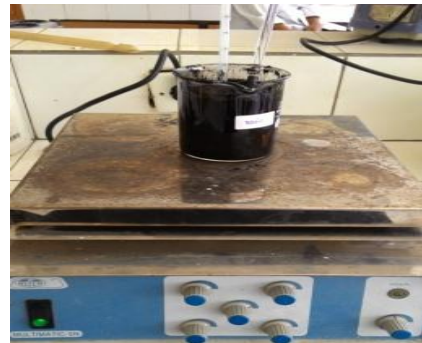
5. Uji Lolos Mesh

Karbon aktif menurut SNI 06-3730-1995 adalah karbon aktif yang memenuhi salah satu standar yaitu lolos ayakan minimal 90 mesh. Ayakan yang digunakan untuk karbon aktif kulit singkong adalah ayakan 200 mesh. Karbon aktif yang berhasil lolos uji mesh ini akan diaktivasi secara kimia.

6. Aktivasi Kimia

Aktivasi kimia dilakukan dengan tujuan membuka pori dan memperluas permukaan aktif dari karbon aktif. Aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan aktivator KOH 3M dengan prosedur 25 gram karbon aktif kulit singkong dicampur dengan 100 ml KOH. Kemudian karbon aktif tersebut dipanaskan dan diaduk menggunakan *Magnetic Stirrer Hot Plate* pada suhu 80°C dalam waktu 1 jam

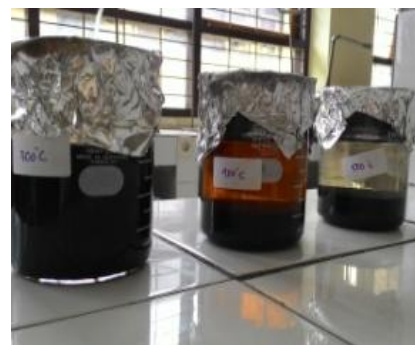
dengan kecepatan putar 200 rpm. Proses aktivasi kimia diperlihatkan oleh Gambar 8.



Gambar 8. Proses Aktivasi Kimia

7. Pengendapan

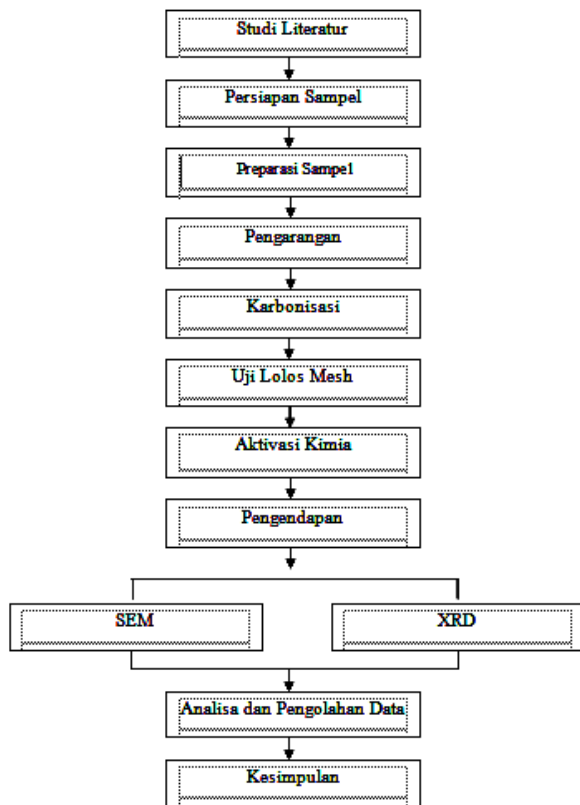
Karbon aktif dari hasil aktivasi kimia harus diendapkan terlebih dahulu untuk memisahkan antara larutan sisa aktivasi kimia dengan endapan karbon aktif kulit singkong. Pengendapan dilakukan selama 24 jam. Masing-masing karbon aktif memiliki warna air endapan yang berbeda. Semakin tinggi suhu karbonisasi karbon aktif kulit singkong, maka warna air endapannya semakin bening. Hal ini berbeda dengan warna air endapan pada karbon aktif hasil suhu karbonisasi yang lainnya. Gambar 9 menunjukkan karbon aktif kulit singkong yang telah mengendap.



Gambar 9. Proses Pengendapan

Setelah itu, air bekas endapannya dibuang agar endapannya dapat dinetralkan menggunakan HCl 0,5 N. Masing-masing air bekas dinetralkan dibuang dengan cara disaring menggunakan kertas saring. Setelah proses penetralkan, dilakukan proses pencucian dengan menggunakan aquades hingga mencapai pH netral 7. Proses pencucian juga dilakukan dengan cara penyaringan sama seperti proses penetralkan. Setelah itu karbon aktif kulit singkong didehidrasi kembali dengan menggunakan *furnance*. Suhu yang digunakan adalah 105°C selama 2jam.

Gambar 10 menunjukkan prosedur penelitian secara skematis.



Gambar 10. Bagan Prosedur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data yang telah diperoleh dianalisa berdasarkan tujuan penelitian yaitu :

1. Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi terhadap Mikrostruktur Karbon Aktif Kulit Singkong.

Karbonisasi merupakan proses pembakaran atau penguraian material organik dengan melibatkan sedikit O_2 , dengan kata lain prosesnya dilakukan dalam alat tertutup dengan suhu tinggi. Alat yang sering digunakan untuk proses karbonisasi ini adalah *furnance*. Perbedaan antara proses karbonisasi dengan pembakaran biasa adalah, arang yang terbentuk dari hasil proses karbonisasi memiliki kadar karbon yang lebih banyak dan abu yang sedikit.

Proses karbonisasi yang berlangsung dalam *furnance* membatasi adanya udara agar kulit singkong dapat berubah menjadi karbon aktif dengan sempurna. Dengan kata lain tidak menghasilkan residu berupa abu. Makin tinggi suhu karbonisasi yang diberikan, maka massa karbon aktif yang dihasilkan semakin sedikit. Hal ini disebabkan karena suhu yang tinggi membutuhkan waktu pencapaian yang lama, sehingga proses penguraian senyawanya menghasilkan karbon aktif yang bersih dari zat pengotor.

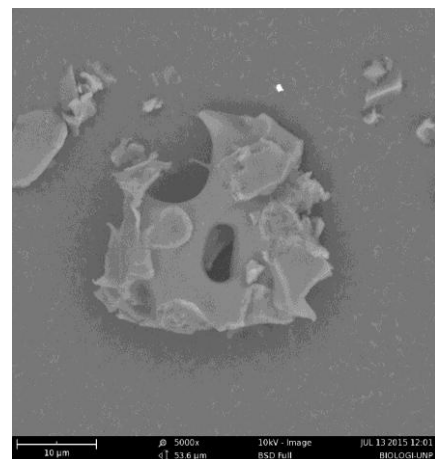
Proses karbonisasi terhadap kulit singkong juga memperlihatkan residu berupa asap yang

keluar dari bagian atas *furnance*. Hal ini disebabkan karena kulit singkong masih mengandung air walaupun telah didehidrasi sebelumnya menggunakan oven. Makin tinggi suhu yang diberikan, asap yang muncul juga semakin banyak, tetapi tidak terjadi dalam waktu yang lama.

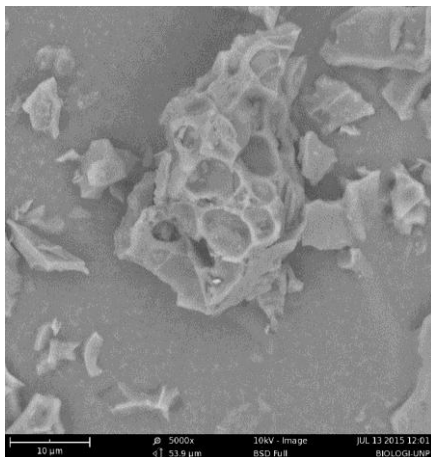
Pengaruh suhu karbonisasi juga terlihat pada warna karbon aktif kulit singkong secara visual. Semakin tinggi suhu karbonisasi, maka warna karbon aktif akan semakin hitam dan gelap. Hal ini disebabkan karena senyawa-senyawa non karbon telah mengurai selama proses karbonisasi berlangsung. Sehingga suhu yang tinggi akan meningkatkan kemurnian karbon aktif yang berwarna hitam yang terkandung dalam kulit singkong tersebut.

Pengaruh suhu karbonisasi juga terlihat pada kecepatan pengendapan karbon aktif kulit singkong setelah diaktivasi kimia. Makin tinggi suhu karbonisasi, maka kecepatan pengendapan karbon aktif kulit singkong semakin cepat. Hal ini disebabkan oleh tingkat kemurnian karbon aktif yang semakin bagus jika suhu karbonisasi yang diberikan semakin tinggi.

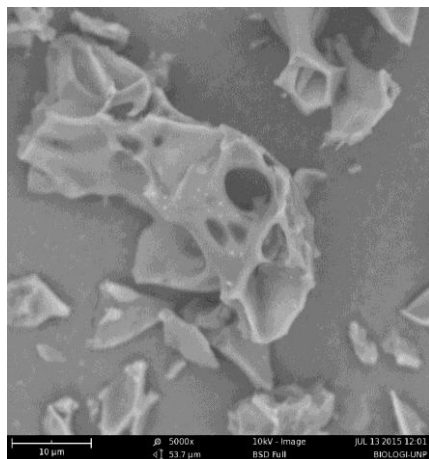
Variasi suhu yang digunakan untuk proses karbonisasi adalah $300^{\circ}C$, $400^{\circ}C$, dan $500^{\circ}C$ untuk masing-masing waktu karbonisasi 2jam. Hasil karakterisasi SEM berupa gambar mikrostruktur dari karbon aktif kulit singkong. Karakterisasi dilakukan dengan perbesaran 5000x untuk masing-masing sampel karbon aktif kulit singkong. Karakterisasi menggunakan SEM diperlukan untuk mendapatkan bentuk pori dan ukuran pori yang terbentuk akibat dari suhu karbonisasi terhadap karbon aktif kulit singkong. Selain itu juga untuk melihat hubungan antara suhu karbonisasi dengan pengotor yang ada, yaitu ada tidaknya pengotor yang terdapat pada karbon aktif kulit singkong. Bentuk mikrostruktur dari masing-masing karbon aktif ditunjukkan oleh Gambar 11.



a. $300^{\circ}C$



b. 400°C



c. 500°C

Gambar 11. Hasil Karakterisasi SEM

Gambar 11 memperlihatkan bentuk mikrostruktur dari karbon aktif kulit singkong, serta memberikan gambaran ukuran dari diameter pori karbon aktif kulit singkong untuk masing-masing variasi suhu karbonisasi. Tetapi hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa banyak pori karbon aktif yang pecah atau rusak. Hal ini disebabkan karena proses penetrasi dan pencucian setelah aktivasi kimia yang membutuhkan waktu lama. Sehingga proses pengadukan menyebabkan pori mikrostruktur yang terbentuk tidak halus.

Hasil karakterisasi SEM untuk masing-masing karbon aktif kulit singkong menunjukkan bahwa, semakin tinggi suhu karbonisasi maka luas permukaan karbon aktif semakin besar. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 11, dimana dengan perbesaran yang sama yaitu 5000x, hasil mikrostruktur untuk masing-masing karbon aktif berbeda. Makin tinggi suhu karbonisasinya, maka pori yang dihasilkan lebih kecil dan banyak. Sehingga daya serapnya lebih tinggi. Secara

keseluruhan, ukuran diameter pori dari karbon aktif kulit singkong tergolong pada jenis makropori yaitu besar dari 0,5 mikrometer.

Karbon aktif yang bagus adalah karbon aktif yang memiliki daya serap yang tinggi, hal ini sesuai dengan definisi karbon aktif menurut SNI 06-3730-1995. Daya serap yang tinggi akan meningkatkan fungsi karbon aktif sebagai media transfer dan katalisator. Hal ini penting agar fungsi karbon aktif sebagai adsorben dapat berjalan dengan baik. Sehingga karbon aktif yang terbentuk dapat bekerja dengan optimal karena telah memenuhi standar SNI.

Mikrostruktur yang terbentuk memiliki ukuran pori yang tidak terlalu berbeda, tetapi peningkatan suhu karbonisasi menyebabkan pori yang terbentuk semakin banyak dan berukuran lebih kecil. Hal ini disebabkan karena suhu yang tinggi dapat menyebabkan partikel-partikel bergetar dan bergerak menuju posisi yang lebih rapi, sehingga pori yang terbentuk lebih banyak dan berukuran kecil. Hal ini sesuai dengan penelitian Latifan dan Diah Susanti (2012), yang menyatakan bahwa suhu yang tinggi menyebabkan pori yang terbentuk lebih banyak dan ukuran porinya lebih kecil, sehingga akan mempengaruhi daya serap dari karbon aktif tersebut^[6].

2. Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Derajat Kristalinitas Karbon Aktif Kulit Singkong.

Derajat kristalinitas merupakan perbandingan antara fasa kristal dengan fasa amorf yang terbentuk pada suatu bahan. Derajat kristalinitas memberikan gambaran tentang keteraturan struktur kristal yang terbentuk pada suatu bahan. Dalam hal ini akan terlihat bahwa suatu bahan akan memiliki struktur kristal, semi-kristal ataupun amorf. Derajat kristalinitas dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (1).

$$\text{Kristalinitas} = \frac{(\Delta \text{kristalin})}{(\Delta \text{kristalin} + \Delta \text{amorf})} \quad \dots (1)$$

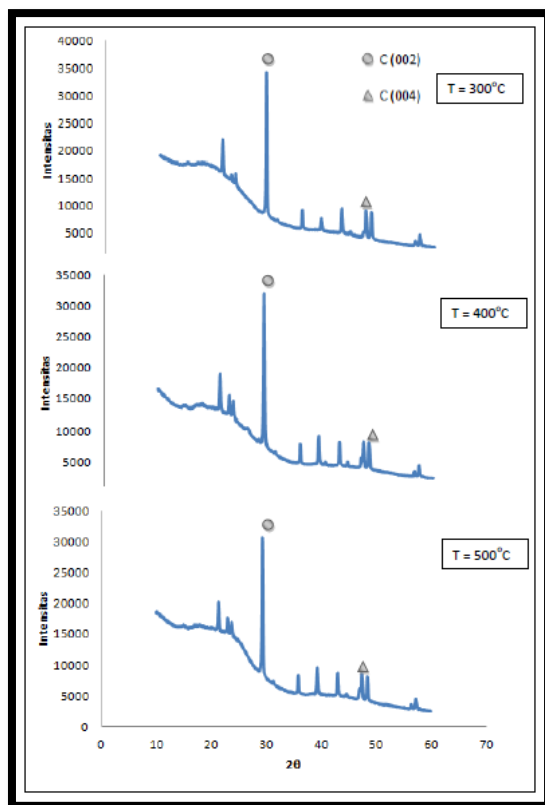
$$\Delta \text{ kristalin} = \text{fraksi luas kristalin}$$

$$\Delta \text{ amorf} = \text{fraksi luas amorf}$$

Persamaan (1) digunakan untuk menghitung derajat kristalinitas setelah mendapatkan hasil karakterisasi dari XRD yaitu berupa pola difraksi XRD dari karbon aktif kulit singkong. Derajat kristalinitas dihitung dengan cara membandingkan fraksi luas kristalin dengan jumlah antara fraksi luas kristalin dan fraksi luas amorf. Hasil perhitungannya akan memberikan gambaran besar persentase derajat kristalinitas dari karbon aktif tersebut. Makin besar persentase derajat kristalinitasnya, maka struktur kristal dari karbon aktif akan semakin tinggi dan jauh dari struktur amorf.

Hasil karakterisasi XRD berupa pola difraksi hubungan antara sudut 2θ terhadap intensitas hamburan. Pengukuran dimulai dari sudut 2θ dimulai dari $10^\circ - 100^\circ$. Pola difraksi dari masing-masing karbon aktif akan dibandingkan dengan pola difraksi dari karbon grafit. Grafit merupakan karbon berstruktur kristal yang memiliki 2 puncak karbon pada pola difraksinya. Sedangkan karbon aktif adalah karbon berstruktur amorf yang diharapkan memiliki pola difraksi mendekati grafit. Hal ini didasari karena grafit merupakan acuan standar untuk karbon aktif.

Pola difraksi sinar-x untuk masing-masing variasi suhu karbonisasi dapat dibandingkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Perbandingan Pola Difraksi Karbon Aktif Kulit Singkong

Gambar 12 memperlihatkan bahwa masing-masing karbon aktif memiliki pola difraksi yang hampir sama. Secara garis besar pola difraksinya juga mendekati pola difraksi dari grafit, hanya saja pola difraksi dari karbon aktif kulit singkong berstruktur karena memiliki banyak puncak yang tidak beraturan. Jika dibandingkan dengan ketiga pola difraksi dari karbon aktif kulit singkong, maka akan terlihat pergeseran sudut hamburan untuk masing-masing puncak, tetapi pergeseran tersebut tidak begitu besar. Sedangkan puncak-

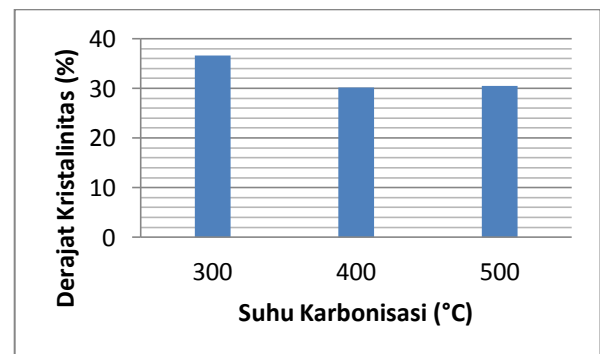
puncak kecil yang terjadi pada masing-masing pola difraksi karbon aktif, selain daripada 2 puncak karbon tersebut, merupakan puncak-puncak dari zat pengotor yang masih bersisa pada karbon aktif.

Pola difraksi dari karbon aktif kulit singkong akan digunakan untuk mengukur derajat kristalinitas dari masing-masing karbon aktif. Hasil perhitungan derajat kristalinitasnya ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan Derajat Kristalinitas Karbon Aktif Kulit Singkong

Suhu Karbonisasi ($^\circ\text{C}$)	Derajat Kristalinitas (%)
300	36,64
400	30,20
500	30,54

Tabel 1 akan memberikan gambaran hubungan antara suhu karbonisasi dengan derajat kristalinitas karbon aktif kulit singkong. Dari tabel 6 dapat diplot grafik hubungan antara suhu karbonisasi terhadap derajat kristalinitas yang dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Hubungan antara Suhu Karbonisasi terhadap Derajat Kristalinitas Karbon Aktif Kulit Singkong

Gambar 13 menunjukkan bahwa derajat kristalinitas tertinggi terdapat pada suhu karbonisasi 300°C , sedangkan derajat kristalinitas terendah terdapat pada suhu karbonisasi 400°C . Hal ini tidak sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi maka derajat kristalinitas juga akan semakin tinggi^[8]. Hal ini disebabkan karena masing-masing karbon

aktif membutuhkan waktu yang berbeda saat melakukan proses pencucian. Kejernihan larutan sisa pengendapan tidak menjamin nilai pH yang netral, hal ini terjadi saat melakukan proses pencucian. Proses pencucian dilakukan agar karbon aktif kulit singkong bersih dari aktivator basa dan asam penetral yang telah digunakan pada proses sebelumnya. Proses pencucian ini dilakukan dengan menggunakan aquades hingga mencapai pH netral 7. Karbon aktif pertama yang berhasil mencapai pH netral adalah karbon aktif hasil karbonisasi suhu 300°C, sedangkan karbon aktif terakhir yang berhasil mencapai pH netral adalah karbon aktif hasil karbonisasi suhu 400°C. Semakin lama proses pencucian, maka karbon aktifnya semakin sering diaduk dengan batang pengaduk. Hal ini dapat mempengaruhi struktur dari karbon aktif. Oleh karena itu, derajat kristalinitasnya menjadi turun karena karbon aktifnya mengalami proses pencucian yang lama.

Zat pengotor dari karbon aktif berasal dari sisa-sisa proses aktivasi kimia dan proses pencucian karbon aktif yang belum bersih setelah dilakukan aktivasi kimia. Hal ini disebabkan karena pada proses aktivasi kimia melibatkan aktivator berupa senyawa basa dengan tujuan untuk memperbesar pori yang terbentuk pada karbon aktif. Sehingga konsentrasi aktivator yang terlalu tinggi akan menyebabkan kuatnya pengaruh aktivator yang bisa meningkatkan keberadaan dari zat pengotor.

Derajat kristalinitas dari karbon aktif komersil adalah 27,79%^[7], Sedangkan derajat kristalinitas dari karbon aktif kulit singkong berkisar antara (30,20 – 36,64)%. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif kulit singkong berpotensi sebagai karbon aktif komersial, dengan kata lain juga berpotensi sebagai bahan dasar GDL.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data, dapat dikemukakan beberapa kesimpulan dari penelitian yaitu :

- 1 Pengaruh suhu pada proses karbonisasi terhadap mikrostruktur karbon aktif kulit singkong adalah berbanding lurus. Semakin tinggi suhu karbonisasi yang diberikan, maka luas permukaan aktif dari karbon aktif kulit singkong semakin besar, sehingga pori yang

dihasilkan lebih kecil dan banyak. Dengan begitu daya serap dari karbon aktif juga akan semakin besar

- 2 Pengaruh suhu pada proses karbonisasi terhadap derajat kristalinitas karbon aktif kulit singkong belum memperlihatkan perbedaan yang mencolok. Tetapi berdasarkan derajat kristalinitasnya, karbon aktif kulit singkong berpotensi sebagai bahan dasar GDL.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Hasan, Achmad. 2007. "Aplikasi Sistem Fuelcell sebagai Energi Ramah Lingkungan di Sektor Transportasi dan Pembangkit." *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 8 No. 3 September 2007: Jakarta.
- [2] Wardana, Galang Wisnu dan Hosta Ardhyanta. 2014. "Pengaruh Penambahan Grafit terhadap Sifat Tarik, Stabilitas Termal dan Konduktivitas Komposit Vinil Ester/ Grafit sebagai Pelat Bipolar Membran Penukar Proton Sel Bahan Bakar (PEMFC)." *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 3 No. 1 2014. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya
- [3] Ikawati dan Melati. 2009. "Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Singkong UKM Tapioka Kabupaten Pati." *Penelitian Program Mahasiswa Penerapan Teknologi (PKMT)*. Universitas Diponegoro: Semarang.
- [4] Purwanto, Djoko. 2011. "Arang dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit." *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Vol. 29 No. 1 Maret 2011: Banjarbaru
- [5] Sawabi. 2009. *Karbon Aktif dari Singkong*. Semarang. <<http://www.biotek.lipi.go.id>> [yang diakses pada tanggal 10 Juli 2014].
- [6] Latifan, Rio dan Diah Susanti. 2012. "Aplikasi Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak (Pangium edule) dengan Variasi Temperatur Karbonisasi dan Aktivasi Fisika sebagai Electric Double Layer Capacitor (EDLC)." *Jurnal Teknik Material dan Metalurgi*. Vol. 1 No. 1 (2012). Institut Teknologi Sepuluh Nofember: Surabaya.
- [7] Fauziah, Nailul. 2009. "Pembuatan Arang Aktif secara Langsung dari Kulit **Acacia mangium** Wild dengan Aktivasi Fisika dan Aplikasinya sebagai Adsorben." *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- [8] Destyorini, Fredina. dkk. 2010. "Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik Arang Serabut Kelapa." *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia* Vol. 10 No. 2 Desember 2010: Tangerang Selatan