

Pembuatan Karbon Aktif Bambu dengan Metode Termolisis dan Karakterisasinya

Stefan B.P. Sindim^{1)*}, Heinrich Taunaumang²⁾, Alfrie M. Rampengan³⁾

^{1,2,3}Program Studi Fisika, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa, 95618, Indonesia

*E-mail: stefanbima21@gmail.com

Diterima 10 Oktober 2023; Disetujui 28 Oktober 2023

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pembuatan karbon aktif bambu dengan metode termolisis dan Mengetahui bagaimana karakterisasi karbon aktif bambu setelah diaktivasi dengan metode termolisis dan menggunakan *activating agent* H_3PO_4 . Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Bambu di karbonisasi pada suhu 350°-400° C dan di rendam dalam larutan asam fosfat 20 %. Karbon aktif dikarakterisasi dengan *Fourier Transform Spectroscopy Infrared* (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD), dan *Scanning Elektron Microscope- Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDX). Karakterisasi dengan XRD mendapatkan hasil bahwa sudut 2 θ dari karbon bambu sesudah aktivasi yaitu 24°, 37.5°, dan 44°. Karakterisasi dengan FTIR menunjukkan bahwa gugus fungsi yang terdeteksi pada karbon aktif adalah gugus O-H, C-H Alkana, C=O, C=C, C-C, dan C-O. Karakterisasi dengan SEM menunjukkan bahwa morfologi karbon aktif dari hasil pemotretan memiliki permukaan yang terlihat rapi. Analisis EDX menunjukkan kandungan unsur elektroda karbon didominasi oleh unsur karbon yaitu 78,38 %.

Kata kunci : Bambu, karbonisasi, aktivasi, karakterisasi

ABSTRACT

This study aims to determine the manufacture of bamboo activated carbon by the thermolysis method and to know how to characterize bamboo activated carbon after being activated by the thermolysis method and using an activating agent. The method used in this research is the experimental method. Bamboo is carbonized at 350°-400°C and immersed in a 20% phosphoric acid solution. Activated carbon was characterized by Fourier Transform InfraRed spectroscopy (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD), and Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray spectrometric (SEM-EDX). Characterization with XRD showed that the 2 θ angle of the bamboo carbon after activation was 24°, 37.5°, and 44°. Characterization with FTIR showed that the functional groups detected on activated carbon were O-H, C-H alkane groups, C=O, C=C, C-C, and C-O. Characterization by SEM showed that the activated carbon from the shoots had a neat looking surface. EDX analysis showed that the elemental content of carbon electrodes colored by carbon elements was 78.38%.

Keywords : Bamboo, carbonization, activation, characterization

1. PENDAHULUAN

Karbon aktif adalah suatu bahan yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas berdaya serap tinggi dan merupakan karbon berpori yang telah mengalami reaksi dengan bahan kimia sebelum atau setelah karbonisasi untuk meningkatkan sifat serapnya. Karbon aktif tersebut dapat dihasilkan dari biomassa seperti bambu (Zhou et al, 2012). Syarat utama bahan yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif adalah mengandung unsur karbon. Karbon aktif dapat dimanfaatkan sebagai agen penyerap (Gislon et al, 2013).

Selain itu karbon aktif juga banyak digunakan dalam proses industri seperti proses

produksi air minum maupun pengolahan limbah (Wu et al, 2004). Karbon aktif adalah salah satu bahan yang memiliki sifat penting yaitu daya serap (adsorpsi). Adsorpsi adalah salah satu peristiwa fisika maupun kimia pada permukaan yang dipengaruhi oleh reaksi kimia antara media penyerap (adsorben) dan media terserap (adsorbat). Secara umum untuk mengetahui daya serap karbon aktif terhadap larutan dapat diketahui berdasarkan daya serapnya terhadap larutan iodin. Karbon aktif yang memiliki kemampuan daya serap tinggi terhadap larutan iodin berarti mempunyai luas permukaan yang lebih tinggi dan juga mempunyai struktur mikro dan mesopori yang

lebih besar (Lestari, 2012). Faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi adalah Karakteristik adsorben, temperature, tekanan, dan jenis adsorbat (Athmayuda, 2007).

Permintaan dunia terhadap karbon aktif pada tahun 2005 sebesar 970.000 ton yakni 52% untuk Asia, 26% Amerika Selatan, 13% Eropa Barat dan 9% untuk negara lainnya. Kebutuhan karbon aktif diramalkan meningkat 5% pada tahun 2009 hingga tahun 2010 mencapai 1.200.000 ton. Peningkatan permintaan terhadap karbon aktif disebabkan meningkatnya sektor farmasi dan obat-obatan. Seiring perkembangan zaman isu-isu lingkungan seperti pengolahan air, perawatan corong asap dan bahaya sisa obat dan saringan khusus asap kendaraan bermotor telah meningkatkan daya jual karbon aktif di dunia. (Freedonia Group, 2006).

Permintaan yang tinggi akan karbon aktif ini, menuntut kita untuk memproduksi karbon aktif secara besar dan membantu mengurangi isu-isu lingkungan yaitu dengan cara memanfaatkan pendaurulangan sampah organik seperti tempurung, bambu, kayu sekam padi, dan lain-lain untuk menjadi bahan dasar pembuatan karbon aktif agar menambah nilai ekonomis dari bahan-bahan tersebut. Dalam penelitian ini bahan dasar yang digunakan sebagai bahan karbon aktif adalah bambu melalui proses karbonisasi dengan metode termolisis yakni pemanasan bahan baku dengan menggunakan *beehive* dan aktivasi kimia menggunakan larutan asam fosfat sebagai *activating agent*.

Di Indonesia bambu dapat tumbuh dimanapun dan banyak terdapat di mana-mana. Oleh sebab itu bambu sangat berpotensi digunakan sebagai bahan baku alternatif untuk pembuatan karbon aktif. Bahan baku yang mudah didapat dan harga yang murah merupakan pertimbangan seorang dalam memilih bahan baku.

Bambu merupakan jenis tanaman yang tergolong keluarga Gramineae (rumput-rumputan). Di Asia Tenggara terdapat sekitar 200 spesies bambu dari 1000 spesies bambu yang ada (Dransfield & Widjaja, 1995). Di Indonesia terdapat 60 jenis spesies bambu. Bambu mengandung kadar selulosa berkisar 42,4%-53,6%, kadar lignin berkisar 19,8% sampai 26,6%, kadar pentosan berkisar 1,24% sampai 3,77%, kadar abu berkisar 1,24% sampai 3,77% dan kadar silika berkisar 0,10% sampai 1,78% (Krisdianto et al, 2003).

2. KAJIAN LITERATUR

Karbon Aktif

Arang aktif atau karbon aktif adalah arang yang diproses sedemikian rupa sehingga mempunyai daya serap/adsorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap. Karbon aktif secara luas digunakan sebagai adsorben dan secara umum mempunyai kapasitas yang besar untuk mengadsorpsi molekul organik. Arang aktif atau karbon aktif adalah arang yang dapat menyerap anion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, larutan ataupun gas. Karbon aktif terdiri dari berbagai mineral yang dibedakan berdasarkan kemampuan adsorpsinya (daya serap) (Syauqiah, 2011).

Sedangkan menurut Meisrilestari (2013) arang aktif adalah arang yang diaktifkan dengan cara perendaman dalam bahan kimia atau dengan cara mengalirkan uap panas ke dalam bahan, sehingga pori bahan menjadi lebih terbuka. Permukaan arang aktif yang semakin luas berdampak pada semakin tingginya daya serap terhadap bahan gas atau cairan.

Arang aktif berbentuk Kristal berukuran makro, karbon non grafit, yang pori-porinya telah mengalami pengembangan kemampuan untuk menyerap gas dan uap dari campuran gas dan zat-zat yang tidak terlarut atau terdispersi dalam cairan (Roy, 1985). Sembiring dan Sinaga (2003) menyatakan bahwa arang aktif merupakan senyawa karbon berbentuk amorf yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas.

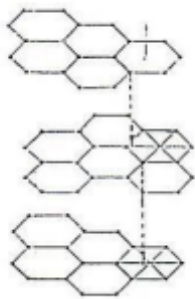
Pada arang aktif memiliki banyak pori (zone) berukuran nano hingga mikrometer. Sedemikian banyaknya pori sehingga dalam satu gram arang aktif bila semua dinding pori direntangkan, luas permukaannya dapat mencapai ribuan meter persegi (Syauqiah, 2011)

Secara umum ada dua jenis karbon aktif yaitu karbon jenis fasa cair dan karbon aktif fasa gas. Karbon aktif fasa cair dihasilkan dari material dengan berat jenis rendah, seperti arang dari bambu kuning yang berbentuk butiran (powder), rapuh (mudah hancur) mempunyai kadar abu yang tinggi, berbentuk silika dan biasanya digunakan untuk menghilangkan bau, rasa, warna dan kontaminan organik lainnya. Sedangkan

karbon aktif fasa gas dihasilkan dari material dengan berat jenis yang tinggi (Fuadi, 2008).

Struktur Karbon Aktif

Struktur karbon aktif digambarkan sebagai jerapan yang tumpang tindih dari daratan lapisan karbon dengan ikatan silang oleh jembatan gugus alifatik. Hal ini memberikan sifat unik, disebut struktur pori intrernal yang mudah dipenetrasi. Mikropori adalah ruang dua dimensi yang terbentuk dari dua dinding seperti grafit, bidang planar dan kristalin yang disusun oleh gugus aromatik atom-atom karbon. Banyaknya karbon berkolerasi dengan luas permukaan yang meningkatkan kemampuan absorsi dari karbon aktif. Mikropori merupakan salah satu kelebihan dari karbon aktif (Reinoso, 2006). Struktur grafit dari karbon aktif dapat dilihat pada gambar

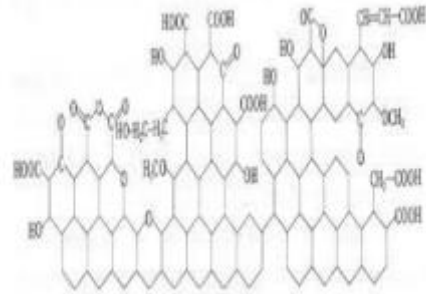


Gambar 1. Struktur Fisika Karbon Aktif

Keistimewaan lain dari karbon aktif adalah gugus fungsional pada permukaannya. Gugus kompleks oksigen dipermukaan karbon aktif akan membuat permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan menentukan sifat adsorpsinya seperti sifat hidrofilik, keasaman dan potensial negatif. Absorsi oleh karbon aktif bersifat fisik, artinya sifat adsorpsi jika gaya tarik Van Der Waals oleh molekul-molekul di permukaan lebih kuat daripada daya tarik yang menjaga adsorbat tetap berada dalam fluida. Sifat ini menguntungkan karena karbon aktif dapat dipakai ulang melalui proses regenerasi (Roy, 1995).

Selain mengandung karbon, karbon aktif juga mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang secara kimiawi terikat dalam berbagai gugus fungsi seperti karbonil, karboksil, fenol, lakton, quinon, dan gugus-gugus eter. Gugus fungsional dibentuk selama proses aktivasi oleh interaksi radikal bebas

pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen. Gugus fungsional ini membuat permukaan karbon aktif reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorbsinya. Ilustrasi struktur kimia karbon aktif dengan gugus fungsionalnya dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 2. Struktur Kimia Karbon Aktif

Sifat Karbon Aktif

Sifat adsorpsi karbon aktif sangat tergantung pada porositas permukaannya, namun dibidang industri, karakterisasi karbon aktif lebih difokuskan pada sifat adsorpsi dari pada struktur porinya. Bentuk pori karbon aktif bervariasi yaitu berupa: silinder, persegi panjang, dan bentuk lain yang tidak teratur. Gugus fungsi dapat terbentuk pada karbon aktif ketika dilakukan aktivasi, yang disebabkan terjadinya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen, yang berasal dari proses pengolahan ataupun atmosfer. Gugus fungsi ini menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya. Oksidasi permukaan dalam produksi karbon aktif, akan menghasilkan gugus hidroksil, karbonil, dan karboksilat yang memberikan sifat amfoter pada karbon, sehingga karbon aktif dapat bersifat sebagai asam maupun basa (Sudirjo, 2006).

Termolisis

Termolisis (Pirolisis) disebut juga sebagai proses karbonisasi dengan pemanasan secara langsung dalam tungku Beehive yang berbentuk kubah. Secara umum pirolisis atau bisa di sebut termolisis adalah proses penguraian suatu bahan baku pada suhu yang relatif tinggi dengan udara terbatas atau tanpa adanya oksigen. Proses dekomposisi/penguraian pada pirolisis ini biasa juga sering disebut dengan proses devolatilisasi (Ridhuan dan Suranto, 2016).

Proses pirolisis dilaksanakan pada suhu 350°C – 400°C dalam suatu reaktor dan diikuti dengan kondensasi dalam kondensor berpendingin air, sehingga dihasilkan asap cair Jamilatun (2013). Produk akhir proses pirolisis akan menghasilkan tiga senyawa yaitu gas, padat dan cair, yaitu karbon, cairan berupa campuran tar (bio-oil) dan beberapa zat lainnya. Hasil sampling proses pirolisis adalah gas berupa metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), dan beberapa gas lainnya dalam komposisi yang relatif kecil. Pada umumnya proses pirolisis berjalan pada kurun waktu 4-7 jam dengan suhu di atas 300°C, tetapi kondisi tersebut dipengaruhi oleh sifat fisik bahan baku (Ridhuan dan Suranto (2016)).

Pembuatan Karbon Aktif

Menurut Juliandini (2008) pembuatan arang aktif berlangsung dalam tiga tahap yaitu proses dehidrasi, proses karbonisasi dan proses aktivasi.

1. Proses dehidrasi

Proses ini dilakukan dengan memanaskan bahan baku sampai pada suhu 105°C selama 24 jam dengan tujuan untuk menguapkan seluruh kandungan air pada bahan baku.

2. Proses Karbonisasi

Proses karbonisasi adalah peristiwa pirolisis bahan dimana terjadi proses dekomposisi komponen. Proses ini merupakan peristiwa lanjutan dari pemanasan bahan baku yang mencapai suhu 600°-1100°C selama proses ini unsur-unsur bukan karbon seperti hidrogen dan oksigen dikeluarkan dalam bentuk gas dan atom yang terbebaskan membentuk kristal grafit.

3. Proses Aktivasi

Menurut Lempang (2014), proses aktivasi dibedakan dua bagian yaitu

a. Aktivasi Fisika

Aktifasi arang secara fisika menggunakan oksidator lemah, misalnya uap air, gas CO_2 , N_2 , O_2 dan gas pengoksidasi lainnya. Oleh karena itu pada proses ini tidak terjadi oksidasi terhadap atom-atom karbon penyusun arang, akan tetapi oksidator tersebut hanya mengoksidasi komponen yang menutupi permukaan pori arang. Prinsip aktivasi ini dimulai dari mengalir uap air, CO_2 , atau udara kedalam retort yang berisi arang dan dipanaskan pada suhu 800°-1000°C. Pada

suhu di bawah 800°C proses aktivasi dengan uap air akan berlangsung sangat lambat, sedangkan pada suhu di atas 1000°C akan menyebabkan kerusakan struktur kisi-kisi heksagonal arang.

b. Aktivasi kimia

Aktifasi secara kimia pada prinsipnya adalah perendaman arang dengan senyawa kimia sebelum dipanaskan. Pada proses pengaktifan secara kimia arang akan direndam dalam larutan pengaktif (*activating agent*) selama 24 jam, lalu ditiriskan dan dipanaskan pada suhu 600°-900°C selama 1-2 jam. Pada suhu tinggi bahan pengaktif akan masuk kesela-sela lapisan heksagonal dan selanjutnya membuka permukaan yang tertutup. Bahan kimia yang digunakan yaitu H_3PO_4 , NH_4Cl , 24 AlCl_3 , HNO_3 , KOH , NaOH , KMnO_4 , SO_3 , H_2SO_4 , dan K_2S .

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Manado.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Langkah awal penelitian ini yaitu melakukan studi literatur dari internet berupa materi dan jurnal-jurnal yang ada, kemudian peneliti merumuskan masalah apa yang akan diteliti dalam penelitian, selanjutnya peneliti menyiapkan alat dan bahan dan melakukan proses penelitian dengan cara sebagai berikut:

Proses persiapan bahan baku

Bambu dipotong menjadi kecil-kecil sekitar 4x8 cm.

Proses karbonisasi

Bambu dipanaskan dengan tungku *Beehive* pada suhu 350°-400° sesuai yang dilakukan oleh Dwiria Wahyuni, dkk 2022 pada karbonisasi Bambu Buluh.

Proses aktivasi

Proses aktivasi dilakukan dengan proses kimia. Tahap pertama dalam proses aktivasi adalah mengaluskan arang hasil karbonisasi hingga menjadi serbuk halus. Selanjutnya merendam serbuk arang dengan larutan asam fosfat (H_3PO_4) 20% sesuai yang dilakukan oleh Joko Murtono dan Iriany 2017, dan diaduk dengan menggunakan magnetic stirrer selama 48 jam. Setelah direndam, selanjutnya disaring

menggunakan kertas saring, kemudian dicuci dengan menggunakan akuades sampai mendapatkan pH mendekati 7. Proses selanjutnya, arang dikeringkan dengan cara dipanaskan dalam oven dengan suhu 100°-110°. Setelah sampel selesai dibuat, selanjutnya sampel akan dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX, FTIR dan XRD kemudian akan diperoleh hasilnya. Desain penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini, yang menjadi variabel bebas yaitu konsentrasi larutan dan suhu pemanasan saat proses karbonisasi. Variabel terikat yaitu ukuran pori serta struktur molekul senyawa yang bisa dilihat setelah dilakukan proses karakterisasi menggunakan alat SEM-EDX, FTIR dan XRD.

Teknik pengolahan data dan analisis data dilakukan dengan cara mengolah data hasil karakterisasi SEM-EDX, FTIR, dan XRD yang berupa morfologi permukaan karbon, struktur molekul senyawa dari karbon aktif, dan untuk mengetahui struktur mikroskopik arang aktif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil yang didapat, bambu yang awalnya berwarna coklat muda berubah seluruhnya menjadi hitam. Hal ini dapat menunjukkan bahwa hasil karbonisasi yang didapat ialah arang dari bambu yang digunakan sebagai bahan baku.

Proses karbonisasi ini berlangsung selama sekitar 2-3 jam sesuai dengan yang dilakukan oleh Fahmi et al (2021) pada karbonisasi kulit singkong. Pada saat proses karbonisasi berlangsung timbul asap yang sangat banyak. Hal ini terjadi dikarenakan banyaknya zat-zat volatile yang terkandung dalam bambu menguap pada saat karbonisasi. Proses karbonisasi berakhir ketika seluruh

potongan bambu sudah berubah menjadi arang berwarna hitam seluruhnya.

Proses Perendaman Dengan Activating Agent

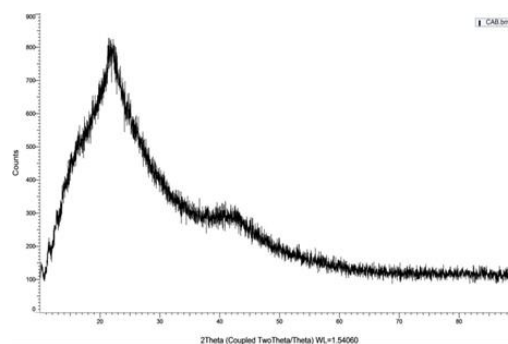
Pada penelitian ini dipilih proses aktivasi kimia untuk pembuatan karbon aktif karena proses ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses aktivasi fisika, seperti suhu yang digunakan saat proses aktivasi lebih rendah. Arang bambu yang didapat dari proses karbonisasi di campur dengan activating agent. Dengan demikian, proses aktivasi kimia yang digunakan supaya dapat menghasilkan karbon aktif dengan luas permukaan yang tinggi. Pada penelitian ini digunakan sebagai activating agent.

Kemudian sampel disaring untuk memisahkan karbon dari larutan aktivator. Sample kemudian dicuci dengan menggunakan akuades sampai mendapatkan pH netral.

Kemudian setelah dicuci, sample disaring kembali menggunakan kertas saring kemudian dikeringkan dalam oven untuk menguapkan kandungan air ataupun residu pengotor dalam sampel tersebut. Sampel didinginkan lalu disimpan dalam botol tertutup.

Hasil analisis XRD

Pada Gambar 4, dapat diketahui bahwa difraktogram karbon bambu sesudah diaktivasi menghasilkan sudut-sudut yaitu 24°, 37.5°, dan 44°. Dengan diameter kristal berturut-turut yaitu 3.721 Å, 2.399 Å, dan 2.059 Å. Sudut-sudut 2θ yang dihasilkan oleh karbon bambu sesudah aktivasi mengalami perubahan dari data sudut 2θ karbon bambu sebelum aktivasi. Adapun persentase kristalinitas dari karbon bambu sesudah aktivasi yaitu 18.4 % dan persentase amorfnya yaitu 81.6 %.

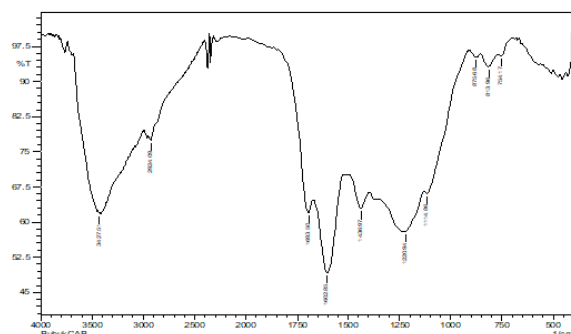


Gambar 4. Hasil Analisis XRD

Tinggi rendahnya puncak yang dihasilkan dari karakterisasi XRD dipengaruhi oleh proses aktivasi yang menyebabkan

terjadinya pergeseran pelat heksagonal yang semula tingkat keteraturannya tinggi (kristalin) menjadi tidak beraturan (amorf) sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Tanaka et al (1997) dan Lu & Chung (2001).

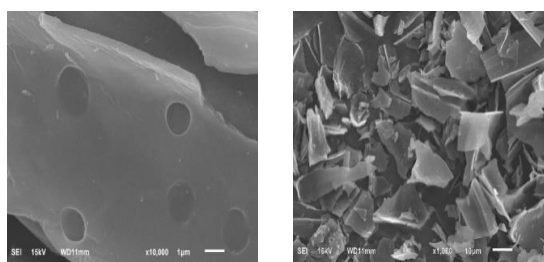
Hasil Analisis FTIR



Gambar 5. Spektrum FTIR Sampel Karbon Aktif Bambu

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa terjadi vibrasi pada pita serapan 3427.51 yang merupakan gugus O-H, pita serapan 2924.09 merupakan gugus C-H, pita serapan 1693.50 yang merupakan gugus C=O, pita serapan 1602.85 merupakan gugus C=C, pita serapan 1436.97 merupakan gugus C-O, pita serapan 1220.94 merupakan gugus C-O, pita serapan 1114.86, 875.68 dan 813.96 merupakan gugus C-H, dan pita serapan 754.17 merupakan gugus C-C.

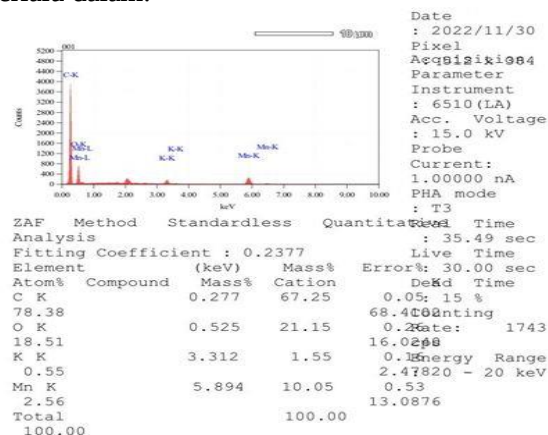
Hasil analisis SEM-EDX



Gambar 6. Analisis SEM Karbon Aktif Bambu Zoom 10.000 x & Analisis SEM Karbon Aktif Bambu Zoom 1.000 x

Hasil analisis morfologi karbon aktif menggunakan SEM pada Gambar 6 tersebut menunjukkan bahwa morfologi karbon aktif tersebut dari hasil pemotretan memiliki permukaan yang terlihat rapi. Pori yang dihasilkan berbentuk bulat dengan ukuran pori yang sama yaitu relatif kurang besar dan rongga porinya yang juga relatif kurang besar. Dari gambar tersebut terlihat bahwa rongga yang

dihasilkan tidak terlalu gelap yang dapat diperkirakan bahwa volume porinya juga tidak terlalu dalam.



Gambar 7. Hasil analisis EDX Karbon Aktif Bambu

Berdasarkan Gambar 7, untuk karbon aktif didominasi oleh unsur C (karbon) sebanyak 78,38 % dan untuk sisanya terdapat unsur lain seperti O sebesar 15,51 % ; K 0,55 % ; dan Mn sebanyak 2,56 %.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan dibahas maka dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Pembuatan karbon aktif bambu menggunakan *activating agent* asam fosfat (H_3PO_4) berhasil dilakukan dengan metode termolisis yaitu dengan mengkarbonisasi bahan baku (bambu) dengan memanaskannya menggunakan tungku beehive pada suhu 350°C-400°C selama 2 jam.
2. Karakterisasi dengan XRD mendapatkan hasil bahwa sudut 2θ dari karbon bambu sesudah aktivasi yaitu 24°, 37.5°, dan 44°. Dengan persentase kristanilitas yaitu 18.4 % dan persentase amorf yaitu sekitar 81.6%. Karakterisasi dengan FTIR menunjukkan bahwa gugus fungsi yang terdeteksi pada karbon aktif adalah gugus O-H, C-H Alkana, C=O, C=C, C-C, dan C-O. Karakterisasi dengan SEM menunjukkan bahwa morfologi karbon aktif dari hasil pemotretan memiliki permukaan yang terlihat rapi. Pori yang dihasilkan berbentuk bulat dengan ukuran pori yang sama yaitu relatif kurang besar dan rongga porinya

yang juga relatif kurang besar. Kandungan unsur elektroda karbon berdasarkan karakterisasi EDX didominasi oleh unsur karbon yaitu 78,38 %.

6. REFERENSI

- A. Fuadi Ramdja, Mirah Halim, Jo Handi.(2008) *Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepah Kelapa (Cocos nucifera)*.Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Jl. Raya Prabumulih Km. 32 Inderalaya OI SumSel
- Athmayudha, A. (2007). Pembuatan Karbon Aktif berbahan dasar tempurung kelapa dengan perlakuan aktivasi terkontrol serta uji kinerjanya, Skripsi, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Riau.
- Dransfield; E.A. Widjaya.: Plant Resources of South-East Asia no.7, Bamboos, Buku, Prosea, Bogor, 1995: 189 hlm
- Fahmi Puteri Perdani, Cucun Alep Riyanto , Yohanes Martono .2021. Karakterisasi Karbon Aktif Kulit Singkong (*Manihot esculenta* Crantz) Berdasarkan Variasi Konsentrasi H₃PO₄ dan Lama Waktu Aktivasi. Indonesian Journal of Chemical Analysis
- Gislon, P., S. Galli., G. Monteleone. 2013. *Siloxanes Removal from Biogas by High Surface Area Adsorbents*. Water Management, 33: 2687-2693.
- Juliandini, Fithrianita & Y.Trihadiningrum. 2008. Uji Kemampuan Karbon Aktif dari Limbah Kayu dalam Sampah Kota untuk Penyisihan Fenol. Laporan Penelitian. Surabaya : ITS. ISBN : 978-979-99735-4-2.
- Krisdianto, Ginuk, S dan Agus, I. 2003. Sari Hasil Penelelitian Rotan dan Bambu. Pusat Hasil Hutan, Badan dan Pengembangan Kehutanan danPerkebunan, Bogor-Indonesia
- Lestari, Dewi. (2012). Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Ban Bekas Dengan Bahan Pengaktif NaCl Pada Temperatur Pengaktifan 700 oC dan 750 oC.Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Marsh, H., & Reinoso, F.R. (2006). Actived Carbon. New York: Elsevier Science & Technology Books.
- Meisrilestari, Yessy. Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia, dan Fisika-kimia. Konversi. Vol.2 No 1. 2013.
- Ridhuan, K. dan Suranto, J., 2016. Perbandingan Pembakaran Pirolisis dan Karbonisasi pada Biomassa Kulit Durian terhadap Nilai Kalori. Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 5(1), pp. 50–56. doi: 10.24127/trb.v5i1.119.
- Roy GM. Activated Karbon Applications in the Food and Pharmaceutical Industries. Lancaster: Technomic. 1985
- Sankari, G., Kriahnamoorthy E., Jayakumaran S., Gunaeakaran S., Priya V.V., Subramanlam S., Subramanlam S., dan Mohan S.K. 2010. Analysis Of Serum Immunoglobulins Using Fourier Transform Infrared Spectral Measurements. Biol. Med Vol. 2 (3) : 42-48
- Sembiring M., Sinaga T. 2003. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). USU Digital Library. Sumatera Utara.
- Suharyana. 2012. Dasar-Dasar Dan PemanfaatanMetode Difraksi Sinar-X. Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- Syauqiah, L., 2011, Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorbsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif, Info Teknik, No. 1, Vol. 12, hal. 104-109.
- Tanaka, K. Aoki, H. Ago, H. Yamake, T. dan Okahara, K., 1997, Interlayer Interaction Of Two Graphene Sheets As A Model Of Double Layer Carbon Nanotubes. Carbon 35 (1): 121- 125.
- Wu, J., 2004, *Modeling Adsorption ofOrganic Compounds on Activated Carbon, Multivariate Approach*. Unema University, Sweden
- Yudhapratama, Ersan dkk. 2010. Penentuan Keberadaan Zat Aditif pada Plastik Kemasan Melalui Perlakuan Pemanasan pada Spektrometer IR. Bandung : UPI.
- Zhou, X., Li, L., Dong, S., Chen, X.,Han, P., Xu, H., Yao, J., Shang,C., Liu, Z., Cui, G. 2012. *A Renewable Bamboo Carbon/Polyaniline Compositefor a High-Performance Supercapacitors Elektrode Material*. J Solid State Electrochem, 16: 877-88.