

PREPARASI DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF DARI LIMBAH AMPAS TEBU MENGGUNAKAN AKTIVATOR KOH

Tri Ana Mulyati^{1,*}, Fery Eko Pujiono¹

¹Kimia, Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata, Jl. KH. Wachid Hasyim No. 65, Kediri, 64114, Indonesia

* Penulis Utama, email: tri.ana@iik.ac.id

Penulis 1, email: ferypujiono@iik.ac.id

ABSTRAK

Telah berhasil dilakukan penelitian preparasi karbon aktif dari limbah ampas tebu menggunakan aktivator KOH. Sampel yang digunakan berasal dari PG Mrican Kediri. Mula-mula dilakukan karbonasi ampas tebu pada suhu 500°C dan didapatkan karbon C. Hasilnya diaktivasi menggunakan KOH 5 % dan 10% sehingga didapatkan karbon aktif AC-KOH5 dan AC-KOH10. Seluruh material selanjutnya dikarakterisasi dengan XRD dan FT-IR serta diukur luas permukaannya dengan metode metilen blue. Pengukuran kadar air, kadar abu, dan daya adsorpsi iod juga dilakukan untuk mengetahui mutu karbon aktif yang dihasilkan. Pola difraktogram menunjukkan adanya puncak melebar pada daerah 20-30° serta puncak runcing pada 23° dan 27°. Spektra FT-IR menunjukkan bahwa setelah aktivasi, intensitas panjang gelombang pada 3395, 2935, dan 1379 cm⁻¹ akan menurun serta muncul puncak pada baru pada bilangan gelombang 1573 cm⁻¹. Luas permukaan terbesar diperoleh pada AC-KOH5. Hasil uji mutu menunjukkan bahwa seluruh karbon aktif sudah sesuai dengan standart SNI 06-37-30-1995.

Kata Kunci: Karbon aktif, ampas tebu, FTIR, XRD, metilen blue, kadar air, kadar abu, adsorpsi iod

ABSTRACT

It has been successfully conducted preparation of activated carbon from waste bagasse using KOH activator. Samples used starting from PG Mrican Kediri. At first do the carbonation of bagasse at 500°C and get carbon C. The results were activated using KOH 5% and 10% to obtain activited carbon as AC-KOH5 and AC-KOH10. All materials were then characterized by XRD, FT-IR and measured the surface area by methylene blue method. Measurement of moisture content, ash content, and iodine adsorption is also done to determine the quality of activated carbon. The diffractogram pattern shows a broad peak in the 20-30° and sharp peak at 23° and 27°. The FT-IR spectra showed that after activation, the wavenumber intensity at 3395, 2935, and 1379 cm⁻¹ will decrease and a new peak appears at the wavenumber 1573 cm⁻¹. The largest surface area is obtained in AC-KOH5. The results of the quality test indicate that all activated carbon is in accordance with the standard SNI 06-37-30-1995.

Keywords: Activated carbon, bagasse, FTIR, XRD, metilen blue, moisture content, ash content, iod adsorption

I. PENDAHULUAN

Karbon aktif merupakan salah satu jenis material yang dikenal berpotensi sebagai adsorben yang baik. Walaupun karbon aktif merupakan adsorben yang memiliki efisiensi tinggi, namun secara industri, pembuatan karbon aktif relatif masih sangat mahal [1]. Hal ini menyebabkan banyak penelitian dikembangkan untuk menemukan prekursor

karbon yang terbaharukan dan murah. Salah satu prekursor yang dapat digunakan adalah limbah pertanian, seperti ampas tebu.

Ampas tebu merupakan limbah yang berasal dari penggilingan tebu pada industri gula. Selama proses produksi, gula yang dihasilkan hanya 5 %, sedangkan ampas tebu yang dihasilkan mencapai 90 % dan sisanya berupa tetes tebu [2]. Disamping itu ampas

tebu mengandung senyawa selulosa, hemiselulosa, lignin, dan pektin sehingga cocok digunakan sebagai sumber karbon [3]. Hal ini menunjukkan bahwa ampas tebu cocok digunakan sebagai prekursor karbon aktif.

Karbon aktif dari ampas tebu dapat dibuat melalui pirolisis dengan aktivasi secara fisika maupun kimia. Aktivasi secara kimia memiliki kelebihan, yaitu waktu yang dibutuhkan pendek, *yield* karbon aktif dihasilkan tinggi, dan daya adsorpsi yang dihasilkan relatif besar [4]. Beberapa aktivator kimia yang dapat digunakan antara lain H_3PO_4 [5], $ZnCl_2$ [6], dan KOH [7].

Iwaniec, dkk. [8] melaporkan bahwa aktivasi kimia dengan KOH dapat meningkatkan luas permukaan, *yield*, serta mikroporositasnya. Hal serupa juga dilaporkan Bedin, dkk [9] yang melaporkan bahwa karbon aktif dari sukrosa komersial dengan aktivator KOH memiliki ukuran mikropori dengan luas permukaan besar. Adapun pola FTIR-nya menunjukkan adanya gugus fungsi asam pada karbon aktif. Hasil penelitian Alif dkk [10] menunjukkan bahwa luas permukaan karbon aktif dari ampas tebu, juga dapat diukur melalui metode *metilen blue*.

Pada penelitian ini, telah disintesis karbon aktif dari limbah ampas tebu yang diperoleh dari pabrik gula Mrican, Kediri. Aktivator yang digunakan adalah KOH dengan berbagai konsentrasi. Karbon sebelum dan sesudah diaktivasi, dikarakterisasi dengan XRD dan FTIR dan diukur luas permukaannya melalui metode *metilen blue*. Seluruh karbon aktif selanjutnya

diukur kadar air, kadar abu, daya adsorpsi iod serta dibandingkan dengan standart SNI.

II. METODE PENELITIAN

Material

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah: limbah ampas tebu (dari PG Mrican, Kediri), kertas saring, KOH Merck, 98%, NaOH Merck, 98%, HCl Merck, 98%, *Metilen blue* Merck dan aquades.

Instrumentasi

Kristalinitas sampel ditentukan dengan XRD JEOL difraktometer dengan radiasi $Cu K\alpha$ ($\lambda = 1.54056 \text{ \AA}$) pada 40 kV dan 30 mA. Difraktogram diukur pada skala 2θ antara 5–50°. Spektra IR ditentukan dengan spectrometer FT-IR Brucker pada panjang gelombang antara 400–4000 cm^{-1} . Luas permukaan ditentukan dengan metode *metilen blue*. Konsentrasi *metilen blue* sebelum dan sesudah adsorpsi ditentukan dengan spektrofotometer UV-VIS Shimadzu.

Prosedur

Preparasi Karbon dari Limbah Ampas Tebu

Limbah ampas tebu dijemur sampai kering lalu dipanaskan dalam *furnace* suhu 500°C selama 1 jam, lalu didinginkan dan diayak dengan ayakan 100 mesh. Hasilnya selanjutnya disebut dengan C.

Aktivasi Karbon dari Limbah Ampas Tebu

Karbon dari ampas tebu masing-masing direndam dalam KOH konsentrasi 5% dan 10% dengan perbandingan 1: 5 selama 24 jam. Hasilnya difiltrasi dan dicuci dengan aquades dan HCl 0,1 N sampai pH netral. Karbon aktif ampas tebu selanjutnya dipanaskan dalam

oven pada suhu 105°C selama 24 jam. Karbon aktif hasil aktivasi KOH 5% selanjutnya disebut dengan AC-KOH5, sedangkan yang diaktivasi dengan KOH 10% disebut AC-KOH10.

Penentuan Luas Permukaan dengan Metilen blue

0,1 gram karbon aktif dimasukkan dalam beaker glass lalu ditambahkan 25 mL larutan metilen blue 50 ppm dan ditutup dengan alumunium foil. Hasilnya diaduk dengan magnetic stirrer selama 30 menit. Campuran kemudian disaring dan filtratnya diukur absorbansinya dengan UV-VIS pada panjang gelombang 658 nm.

Data absorbansi digunakan untuk menentukan konsentrasi metilen blue sebelum dan sesudah proses adsorpsi. Konsentrasi metilen blue yang didapatkan selanjutnya digunakan untuk menghitung berat adsorben teradsorpsi (persamaan 1), kemudian hasilnya dapat digunakan untuk menghitung luas permukaan sampel (persamaan 2).

$$Xm = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V}{m} \dots \dots \dots (pers 1)$$

dimana:

C_0 = konsentrasi awal

C_e = konsentrasi akhir

V = volume larutan (Liter)

m = massa karbon (gram)

Xm = berat adsorben teradsorpsi (mg/g)

$$s = \frac{Xm \cdot N \cdot a}{Mr} \dots \dots \dots (pers 2)$$

dimana:

s = luas permukaan adsorben (m^2/g)

N = bilangan Avogadro ($6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)

Xm = berat adsorben teradsorpsi (mg/g)

a = luas penutupan oleh 1 molekul metilen blue ($197 \cdot 10^{-20} m^2$)

Mr = massa molekul relatif metilen blue ($320,5 \text{ g/mol}$)

Uji Mutu Karbon Aktif

Penentuan Kadar Air

0,1 gram karbon aktif dimasukkan cawan yang sudah diketahui massanya, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C hingga bobot konstan. Kadar air dapat dihitung melalui persamaan 3.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \dots (pers 3)$$

dimana :

m_1 = massa sebelum dioven

m_2 = massa setelah dioven

Penentuan Kadar Abu

0,1 gram karbon aktif dimasukkan cawan pengabuan yang sudah diketahui massanya, lalu dipanaskan dalam furnace sampai beubah menjadi abu. Kadar abu dapat dihitung melalui persamaan 4.

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{m_2}{m_1} \times 100\% \dots \dots \dots (pers 4)$$

dimana :

m_1 = massa sebelum difurnace

m_2 = massa setelah difurnace

Penentuan Bilangan Iod

0,5 gram karbon aktif dicampurkan dalam larutan iodium 0,1 N selama 15 menit lalu disaring. Filtrat yang dihasilkan lalu dititrasi dengan larutan $Na_2S_2O_3$ sampai larutan berwarna kuning pucat. Hasilnya ditambah indikator amilum 1% dan didapatkan warna lautan biru kehitaman. Titrasi dilanjutkan sampai warna biru hilang. Daya Adsorpsi Iod dapat dihitung melalui persamaan 5.

$$Ads. I_2 = \frac{V_{I_2} - \frac{(V \times N) Na_2S_2O_3}{N_{I_2}}}{m} \times 126,93 \dots (pers5)$$

dimana:

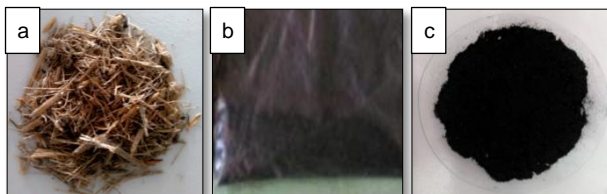
Ads I_2 = Daya Adsorpsi Iod

m = massa karbon aktif

III. HASILDAN PEMBAHASAN

Preparasi Karbon Aktif dari Limbah Ampas Tebu

Preparasi karbon aktif pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa proses, yaitu pengeringan, kalsinasi, dan aktivasi. Mula-mula sampel berwarna kecoklatan, namun setelah dikarbonasi berubah warna menjadi hitam dan setelah diaktivasi menjadi hitam pekat (Gambar 1). Perubahan warna ini juga menunjukkan indikasi awal bahwa telah terbentuk material karbon dan karbon aktif [11].



Gambar 1. Preparasi Karbon Aktif dari Limbah Ampas Tebu : (a) Pengeringan (b) Kalsinasi (c) Aktivasi

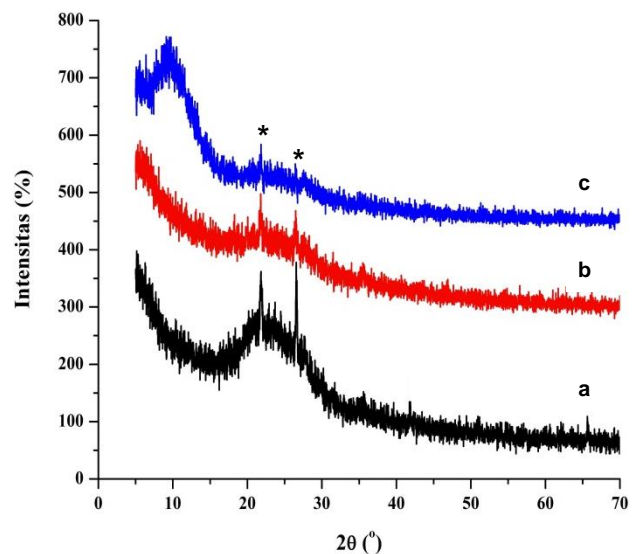
Pada saat preparasi karbon aktif, juga terjadi penurunan massa sampel. Tabel 1. menunjukkan bahwa terjadi penurunan massa yang signifikan setelah proses kalsinasi. Hal ini disebabkan adanya proses pemutusan rantai polimer, pelepasan unsur selain karbon seperti hidrogen, oksigen, dan nitrogen serta terjadi pelepasan gas seperti CO_2 dan CO [7,11]. Disamping itu, proses aktivasi juga menyebabkan penurunan massa sampel. Hal ini disebabkan oleh proses pembentukan pori baru pada karbon [12].

Tabel 1. Yield Karbon dan Karbon Aktif

Tahapan	Massa Sebelum (gram)	Massa Sesudah (gram)	Yield (%)
Karbonasi	25	6,84	27.36
Aktivasi KOH 5%	2,5	2,15	86
Aktivasi KOH 10%	2,5	1,82	72.8

Karakterisasi Karbon Aktif dengan XRD

Perbandingan pola difraktogram karbon dan karbon aktif ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil difraktogram menunjukkan bahwa seluruh padatan memiliki puncak melebar pada daerah $20-30^\circ$ yang merupakan puncak karakteristik karbon dan terdapat pula puncak runcing pada daerah 23° dan 27° . Hal ini menunjukkan bahwa sampel memiliki struktur amorf dengan permukaan yang heterogen [13, 14]. Adanya puncak 23° dan 27° mungkin disebabkan oleh silica yang masih tertinggal. Hal ini sesuai dengan penelitian Govindarajan dkk, 2011 [15] yang menunjukkan bahwa kalsinasi ampas tebu akan menghasilkan puncak pada daerah $23-29^\circ$ yang menunjukkan adanya kristobalit dan kalsit.



Gambar 2. Pola Difraktogram : (a). C (b) AC-KOH5 (c) AC-KOH10

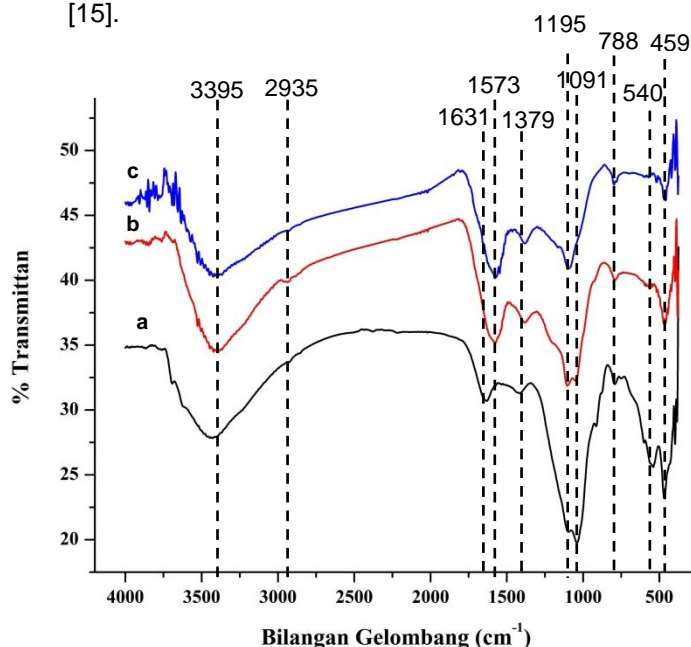
Gambar 2 juga menunjukkan bahwa intensitas puncak pada daerah 23° dan 27° akan menurun setelah proses aktivasi. Semakin besar konsentrasi KOH, maka intensitas puncak juga menurun. Hal ini disebabkan silica yang masih tertinggal dalam karbon dapat diikat oleh basa [16]. Disisi lain, pola difraktogram AC-KOH10 menunjukkan bahwa terdapat puncak melebar daerah $10-15^\circ$ mungkin disebabkan oleh struktur mikropori yang disebabkan oleh KOH seperti pada penelitian Muniandy dkk, 2014 [17].

Karakterisasi Karbon Aktif dengan FT-IR

Perbandingan spektra FTIR karbon sebelum dan sesudah diaktivasi ditunjukkan pada Gambar 3. Seluruh sampel menunjukkan adanya puncak tajam dan lebar pada daerah 3395 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi gugus O-H, namun setelah diaktivasi, terjadi penurunan puncak karena adanya KOH sebagai *dehydrating agent* yang telah bereaksi dengan karbon [13,18]. Disamping itu, puncak pada bilangan gelombang 2935 cm^{-1} (*stretching* C-H) dan 1379 cm^{-1} (C-H simetri) terlihat semakin menurun setelah proses aktivasi karena proses aktivasi dapat memutus dan menghilangkan sejumlah unsur hidrogen [18].

Gambar 3 juga menunjukkan bahwa karbon memiliki ikatan C=C (bilangan gelombang 1631 cm^{-1}), namun setelah diaktivasi tidak muncul. Puncak baru karbon aktif muncul pada bilangan gelombang 1573 cm^{-1} yang menunjukkan adanya *stretching* C-C karena adanya cincin aromatis yang terbentuk. Hal ini memperkuat bahwa telah terbentuk karbon aktif karena terbentuknya pori baru [13,17].

Proses aktivasi juga dapat memutus banyak ikatan baik alifatik maupun aromatis [18]. Hal ini ditunjukkan oleh menurunnya persen transmittan pada daerah $1195-459\text{ cm}^{-1}$. Puncak pada 1195 cm^{-1} menunjukkan adanya *stretching* C-O. Residu Si yang muncul pada difraktogram (Gambar 2.) didukung oleh data spektra FT-IR yang menunjukkan adanya puncak pada 1091 cm^{-1} diperkuat puncak 788 menunjukkan puncak SiO_4 . Puncak Si-O dan kristobalit juga muncul pada 459 cm^{-1} dan 540 cm^{-1} sesuai dengan penelitian Govindarajan dkk, (2011) [15].



Gambar 3. Spektra FTIR : (a). C (b) AC-KOH5 (c) AC-KOH10

Luas Permukaan Karbon Aktif dengan Metode Metilen blue

Luas permukaan karbon aktif dari limbah ampas tebu ditunjukkan pada Tabel 3. Hasil analisis luas permukaan melalui metode metilen blue, menunjukkan bahwa luas permukaan karbon aktif KOH 5% memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan KOH 10%. Hal ini menunjukkan bahwa daya adsorpsi karbon

aktif KOH 5% terhadap metilen blue lebih besar sehingga metilen blue dapat mengukur secara efektif permukaan dari karbon aktif [19, 20]. Disisi lain, KOH 10% memiliki daya adsorpsi lebih kecil sehingga luas permukaanya kecil. Hal ini disebabkan adanya mikropori pada KOH 10% sehingga metilen blue tidak dapat terserap secara sempurna kedalam pori [21, 22]

Tabel 2. Luas Permukaan Karbon Aktif dengan Metode Metilen Blue

Sampel	Xm (mg/g)	S (m ² /g)
AC-KOH5	24,7966	91,7849
AC-KOH10	24,4241	90,4059

Uji Mutu Karbon Aktif

Uji mutu karbon aktif dari limbah ampas tebu ditunjukkan pada Tabel 3. Hasil uji mutu menunjukkan bahwa karbon aktif yang dihasilkan sudah sesuai dengan standar SNI 06-37-30-1995. Karbon aktif yang di aktivasi dengan KOH 10% memiliki kadar air dan kadar abu yang lebih kecil dibandingkan dengan KOH 5%. Hal ini menunjukkan semakin tinggi konsentrasi aktivator maka kemampuan untuk mendorong kandungan air dan zat yang tidak mudah menguap dari pori-pori karbon semakin kuat sehingga kadar air dan abunya kecil [23]. Disisi lain, daya adsorpsi I₂ dari karbon aktif dengan aktivator KOH 10 % sedikit lebih besar bila dibandingkan dengan KOH 5%. Hal ini disebabkan oleh semakin besar konsentrasi KOH, maka sifat dehydrating agentnya juga semakin kuat sehingga pori-pori karbon semakin terbuka [24, 25].

Tabel 3. Perbandingan Mutu Karbon Aktif dan SNI

Mutu Karbon Aktif	AC-KOH5	AC-KOH10	SNI 06-37-30-1995
Kadar Air (%)	6.912	5.420	Mak. 25
Kadar Abu (%)	4.280	3.571	Mak. 15
Daya Adsorpsi I ₂ (mg/g)	825	851	Min.750

IV. KESIMPULAN

Pembuatan dan karakterisasi karbon aktif dari limbah ampas tebu dengan aktivator KOH telah dilakukan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan konsentrasi KOH yang berbeda menghasilkan karakterisasi karbon aktif yang berbeda juga. Luas permukaan karbon aktif dengan aktivator KOH 5% lebih besar dibandingkan dengan KOH 10%. Disisi lain, karbon aktif yang dihasilkan memiliki mutu sesuai standar SNI.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti berterimakasih kepada Ristek DIKTI yang telah memberikan bantuan dana kepada peneliti, Direktur PTPN X Jawa Timur beserta jajarannya atas izin pengambilan sampel limbah ampas tebu, Direktur PG Mrican beserta jajarannya atas izin pengambilan sampel limbah ampas tebu, Yayasan Bhakti Wiyata dan Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata atas bantuan dan dukungan yang diberikan.

REFERENSI

- [1] Ceyhan, A.A., Sahin, O., Baytar, O., and Saka, C., "Surface and Porous Characterization of Activated Carbon Prepared from Pyrolysis of Biomass by Two-Stage Procedure at Low Activation Temperature and Its The Adsorption of Iodine", *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume (104), p. 378-383. 2013
- [2] Li-An'Amie, N., Nugraha, A., "Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Melalui Desain Produk Perlengkapan Rumah", *Jurnal Tingkat Sarjana Senirupa dan Desain*, Volume (1). p.1-7. 2014
- [3] Goncalves, G. C., Pereira, N. C., Veit, M. T., "Production of bio-oil and activated carbon from sugarcane bagasse and molasses", *Biomass and Bioenergy*, Volume (85), pp. 178-186. 2016
- [4] Armandi, M., "Post-Synthesis Modifications of SBA-15 Carbon Replicas: Improving Hydrogen Storage by Increasing Microporous Volume", *Catalysis Today*, Volume (138), pp. 244-248, 2008
- [5] Chen, C.X., Huang, B., Li, T., Wu, G.F., "Preparation of Phosphoric Acid Activated Carbon from Sugarcane Bagasse by Mechanochemical Processing", *BioResources*, Volume (4), pp. 5109-5116, 2012

- [6] Labanni, A., Zakir, M., Maming., "Synthesis and Characterization of Nanoporous Carbon from Sugarcane Bagasse (*Saccharum officinarum*) with $ZnCl_2$ Activator by Ultrasonic Irradiation as Electrochemical Energy Storage Material", *Indonesia Chimica Acta*, Volume (8), pp. 42-51, 2015
- [7] Nazzal, J.S., Kamiriska, W., Michalkiewicz, B., Koren, Z.C., "Production, Characterization and Methane Storage Potential of KOH-Activated Carbon from Sugarcane Molasses", *Industrial Crops and Products*, Volume (47), pp. 153–159, 2013
- [8] Iwaniec, I. W., Di'ez, N., Gryglewicz, G., "Chitosan-Based Highly Activated Carbons for Hydrogen Storage", *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol (40), pp. 5788–5796, 2015
- [9] Bedin, K.C., Martins, A.C., Cazetta, A., Pezoti, O., Almeida, V.C., "KOH-Activated Carbon Prepared From Sucrose Spherical Carbon: Adsorption Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic Studies for Methylene Blue Removal", *Chemical Engineering Journal*, 2015
- [10] Alif, A., Zakir, M., Maming, "Sintesis dan Karakterisasi Karbon Nanopori Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) dengan Aktivator NaOH Melalui Iradiasi Ultrasonik sebagai Bahan Penyimpan Energi Elektrokimia", *Indonesia Chimica Acta*, Volume (7), pp. 39-46, 2014
- [11] Yakout, S. M., Deen, G. S., "Characterization of Activated Carbon Prepared by Phosphoric Acid Activation of Olive Stones", *Arabian Journal of Chemistry*, Volume (9), pp. 1155-1162, 2016
- [12] Im, J.S., dkk., "The Study of Controlling Pore Size on Electrospun Carbon Nanofibers for Hydrogen Adsorption", *Journal of Colloid and Interface Science*, Volume (318), pp. 42–49, 2008
- [13] Thuan, T. V., Thinh, P. V., Quynh, B. T., Cong, H. T., Tam, D. T., Bach, L. G., "Production of Activated Carbon from Sugarcane Bagasse by Chemical Activation with $ZnCl_2$: Preparation and Characterization Study", *Research Journal of Chemical Sciences*, Volume (6), pp. 42-47, 2016
- [14] Hidayu, A. R., Muda, N., "Preparation and Characterization of Impregnated Activated Carbon from Palm Kernel Shell and Coconut Shell for CO_2 Capture", Volume (148), pp. 106-113, 2016
- [15] Govindarajan, D., Jayalakshmi G., "XRD, FTIR and SEM studies on calcined sugarcane bagasse ash blended cement", *Archives of Physics Research*, Volume (2), pp. 38–44, 2011
- [16] Huang, Y., Ma, E., Zhao, G., "Thermal and Structure Analysis on Reaction Mechanisms During the Preparation of Activated Carbon Fibers by KOH Activation from Liquefied Wood-Based Fibers", *Industrial Crops and Products*, Volume. (69), pp. 447-455, 2015
- [17] Muniandy, L., Adam, F., Mohamed, A. R., Ng, E. P., "The Synthesis and Characterization of High Purity Mixed Microporous/Mesoporous Activated Carbon from Rice Husk Using Chemical Activation with NaOH and KOH", *Microporous and Mesoporous Materials*, Volume (197), pp. 316-323, 2014
- [18] Hesas, R. H., Niya, A. , Daud, W., Sahu, J. N., "Preparation and Characterization of Carbon from Apple Waste by Microwave-Assisted Phosphoric Acid Activation : Application in Methylene Blue". *BioResources*. Volume (8), pp. 2950-2966, 2013
- [19] Yukselen, Y., Kaya, A., "Comparison of methods for determining specific surface area of soils", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Volume (7), pp. 931–936, 2006.
- [20] Yan, C., Wang, C., Yao, J., Zhang, L., Liu, X. "Adsorption of Methylene Blue on Mesoporous Carbons Prepared Using Acid- and Alkaline-Treated Zeolite X as The Template", *Coloids and Surface A: Physsicochem. Eng Aspects*, Volume (333), pp. 115-119, 2009
- [21] Yukselen, Y., Kaya, A., "Suitability of the methylene blue test for surface area, cation exchange capacity and swell potential determination of clayey soil". *Engineering Geology*, Volume (102), pp. 38-45, 2008
- [22] Matos, Y., Fierro, V., Montana, R., Rivero, E., Martinez de Yuso, A., Zhao, W., Celzard, A., "High Surface Area Microporous Carbons as Photoreactors for The Catalytic Photodegradation of Methylene Blue under UV–vis Irradiation", *Applied Catalysis A: General*, Volume (517), pp. 1-11, 2016
- [23] Khalid, B., Akram, R., Meng, Q., Chao, B. "Effects of KOH Activation on Surface Area, Porosity and Desalination Performance of Coconut Carbon Electrodes". *Desalination and Water Treatment*. Volume (57), pp1-8, 2014
- [24] Buczek, Bronislaw. "Preparation of Active Carbon by Additional Activation with Potassium Hydroxide and Characterization of Their Properties". *Advance in Material Science and Engineering*, Volume (2016), pp. 1-4, 2016
- [25] Arie, Arenst Andreas,Vincent, Putranto, Aditya. "Activated Carbons from KOH-Activation of Salacca Peels as Low Cost Potential Adsorbents for Dye Removal", *Advanced Materials Letter*, Volume (7), pp. 226-229, 2016