

## KAJIAN LUAS PERMUKAAN KARBON AKTIF TEMPURUNG KLUWAK PADA ADSORPSI METHYLEN BLUE

Hr Yuliani<sup>1,\*</sup>, Tri Hartono<sup>2</sup>, Dien Triana<sup>3</sup>, Vilia Darma Paramita<sup>4</sup>, Hajar Salwa<sup>5</sup>, Hastawafia<sup>6</sup>  
<sup>1,2,4</sup> Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar  
<sup>3</sup> Jurusan Akuntansi Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar  
<sup>5,6</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

### ABSTRACT

The Kluwak shell has a Ca content of 28.31% so it can be used as an adsorbent in adsorbate adsorption. This study aims to determine the effect of activator KOH 3M and H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2.15 M on the surface area of the adsorbent (activated carbon of kluwak shell). The surface area was determined by the methylene blue adsorption method according to SNI 06-3730-1995. The test method was methylene blue 50 ml with a concentration of 100 ppm plus 0.15 grams of adsorbent at a shaker speed of 250 rpm, for 90 minutes. The filtrate is an adsorption solution that has been separated from the adsorbent whose concentration was tested using UV VIS at a wavelength of 625 nm. The absorbance obtained is converted to concentration using Lambert Bee's law, which is a linear relationship between absorbance and the concentration of a substance that absorbs in the form of concentration (C<sub>e</sub>). The results of this study indicate that the surface area of activated carbon from the kluwak shell activator KOH 3M is larger than the surface area using H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2.15M. The surface area of activated carbon of the activated kluwak shell with KOH 3M was 155.526 m<sup>2</sup>/g and activated carbon of activated carbon with H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2.15 M was 62.536 m<sup>2</sup>/g.

**Keywords:** *Kluwak Shell, KOH, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Surface Area, Methylene Blue*

### ABSTRAK

Tempurung kluwak memiliki kandungan Ca sebesar 28,31% sehingga dapat digunakan sebagai adsorben dalam adsorpsi adsorbat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aktivator KOH 3M dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2.15 M terhadap luas permukaan adsorben (karbon aktif tempurung kluwak). Luas permukaan ditentukan dengan metode adsorpsi metilen biru menurut SNI 06-3730-1995. Metode pengujian berupa methylene blue 50 ml dengan konsentrasi 100 ppm ditambah 0,15 gram adsorben pada kecepatan shaker 250 rpm, selama 90 menit. Filtrat berupa larutan adsorpsi yang telah dipisahkan dari adsorben diuji konsentrasinya menggunakan UV VIS pada panjang gelombang 625 nm. Absorbansi yang diperoleh menjadi konsentrasi menggunakan hukum lambert bee, yaitu hubungan linier antara absorbansi dengan konsentrasi suatu larutan setimbang dalam bentuk konsentrasi (C<sub>e</sub>). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa luas permukaan karbon aktif tempurung kluwak aktivator KOH 3M lebih besar dibandingkan dengan luas permukaan yang menggunakan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2.15M. luas permukaan karbon aktif cangkang kluwak aktivasi KOH 3M adalah 155.526 m<sup>2</sup>/g dan karbon aktif cangkang kluwak aktivasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2. 15 M adalah 62.536 m<sup>2</sup>/g.

**Kata Kunci:** *Cangkang Kluwak, KOH, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Luas Permukaan, Mrthylene Blue*

### 1. PENDAHULUAN

Tempurung kluwak (TK) merupakan salah satu tempurung yang memiliki kandungan Ca 28.31% yang sangat potensial dijadikan adsorben. Tempurung ini dikarbonkan dan dimanfaatkan dalam menurunkan kadar asam lemak bebas pada minyak jelantah yaitu 4,5% – 22,78% [1] dan adsorpsi methylene blue dengan kapasitas maksimum adsorpsi methylene blue (qm) sebesar 15.27 mg/g [2]. Kinerja KTK dapat ditingkatkan dengan memodifikasi dengan karbonisasi dan aktivasi baik secara fisika (thermal) maupun secara kimia. Besar kecilnya kapasitas maksimum adsorpsi (qm) merupakan salah satu factor unjuk kerja yang tentu tidak terlepas dari luas permukaan (A). Kinerja adsorben dapat dilihat dari besarnya luas permukaan, peningkatan persen perjerapan serta kapasitas maksimum adsorben. Peningkatkan luas permukaan dapat dilakukan dengan mengarbonkan dan mengaktivasi adsorben tersebut. Luas permukaan karbon tempurung kelapa tanpa aktivasi diperoleh sebesar 46,247m<sup>2</sup>/g dan karbon aktivasi menggunakan larutan asam posfat 8% luas permukaan menjadi 61,821m<sup>2</sup>/g [3]. Semakin besar luas permukaan adsorben maka jumlah molekul yang teradsorpsi juga akan semakin banyak. Adsorpsi adalah proses terserapannya molekul-molekul akibat adanya gaya tarik-menarik pada permukaan adsorben dengan molekul yang diserap disebut adsorbat berupa zat warna.

---

\* Yuliani HR, yulianih@poliupg.ac.id

Modifikasi tempurung kluwak dilakukan dengan mengarbonkannya dan mengaktivasi menggunakan KOH bertujuan meningkatkan kinerja adsorben baik ditinjau dari  $q_m$ , A dan Persen penjerapan adsorbat. Beberapa jenis aktivator yang dapat digunakan  $H_2SO_4$ , NaOH,  $H_3PO_4$  dan,  $ZnCl_2$  [4] dan KOH [5]. Pemilihan aktivator KOH didasarkan pada peningkatan luas permukaan, yield serta mikroporositasnya [6]. Hal serupa juga dilaporkan oleh Bedin, dkk [7] bahwa karbon aktif dari sukrosa komersial dengan aktivasi KOH memiliki ukuran mikropori dan luas permukaan yang besar. Penelitian yang dilakukan oleh Alif dkk [8] menunjukkan bahwa karbon aktif dari ampas tebu, juga dapat diukur luas permukaan menggunakan metode methylene blue.

Methylene blue adalah zat warna organik yang mudah larut dalam air dan banyak digunakan pada industri tekstil sebagai pewarna untuk menghasilkan kualitas produk yang baik. Zat warna ini dapat menyebabkan iritasi yang dapat mengakibatkan luka permanen pada mata manusia dan hewan. Penggunaan zat warna dalam industri tekstil memberikan dampak negatif, yaitu pencemaran air jika limbah dibuang ke sungai secara langsung ataupun tidak diolah dengan baik yang masih mengandung zat warna berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan. Proses penghilangan zat warna ini sangat bergantung kepada jenis adsorben yang digunakan. Jenis adsorben yaitu silika, kitosan, tanah serap (fuller earth), dan peat [9] Saat ini adsorpsi menggunakan adsorben berupa karbon aktif tetap menjadi salah satu teknik paling efisien dan efektif dalam penghilangan zat warna karena kapasitas adsorpsinya yang relatif besar [10]. Metode adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif hanya memindahkan senyawa-senyawa pencemar ke media atau fasa lain sehingga diperlukan beberapa alternatif dalam mensintesis karbon aktif dari bahan biomassa. Metode ini memiliki kelebihan yaitu dapat mendegradasi senyawa-senyawa berbahaya dalam limbah melalui proses adsorpsi.

Pada penelitian ini, modifikasi karbon tempurung kluwak aktivasi KOH 3M dan  $H_3PO_4$  2.15 M dan diukur permukaan dengan metode methylene blue 100 ppm sesuai SNI 06-3730-1995. Kinerja karbon tempurung kluwak teraktivasi KOH (KTKOH) dan  $H_3PO_4$  (KTKPO) serta tanpa aktivasi (KTK) diuji karakteristik dengan kapasitas maksimum adsorpsi ( $q_m$ ) metode langmuir berupa adsorpsi methylene blue 5 konsentrasi methylene sebanyak 50 ml dengan 0.15 gram KTK [2]. Penelitian ini diharapkan tersedianya informasi metode penentuan luas permukaan menggunakan metode methylene blue dan Teknik atau upaya peningkatan kinerja adsorben.

## 2. METODE PENELITIAN

### Variabel Penelitian, Alat dan Bahan

#### a. Variabel Penelitian

- Variabel tetap : Volume 50 ml, Kecepatan Shaker 250 ml dan waktu 90 menit  
Variabel berubah : Aktiavtor KOH dan  $H_3PO_4$ , Konsentrasi Methylen blue 60, 80, 100, 120, 130, dan 150 ppm

#### b. Alat & Bahan

- Seperangkat alat adsorpsi berupa shaker, alat pengujian (UV) Vis dan pengolahan data yakni software Ms Excell.  
Bahan berupa tempurung kluwak, methylene blue, KOH,  $H_3PO_4$  dan aquadest.

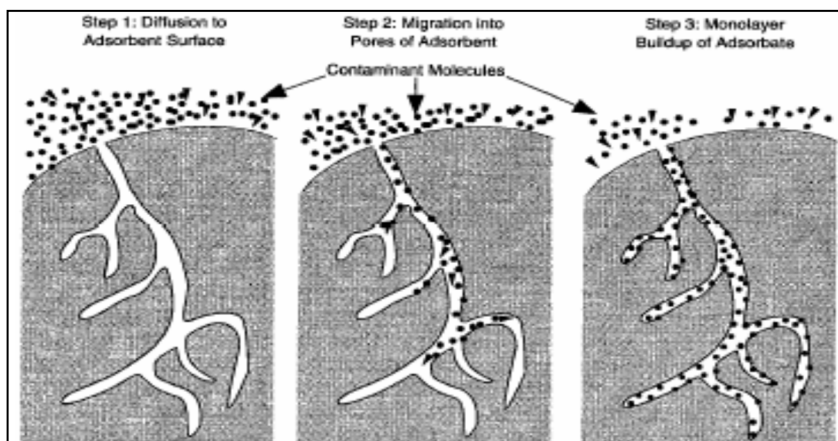
### Tahapan Pembuatan Karbon Aktip Tempurung Kluwak

- Pembersihan
- Pengeringan dan Karbonisasi
- Aktivasi
- Pengeringan
- Aplikasi pengujian adsorpsi dan luas permukaan
- Penentuan kapasitas maksimum adsorpsi ( $q_m$ ) dan luas permukaan (A)

### Penjerapan methyl violet

Penjerapan methyl violet dalam air merupakan pengujian awal karbon tempurung kluwak baik aktivasi KOH maupun tanpa aktivasi merupakan sarana untuk menyukan kapsitas adsorpsi maksimum ( $q_m$ ) dan luas permukaan adsorben. Pada penelitian ini, penjerapan dilakukan dengan memasukkan KTK maupun KTKA KOH ke dalam campuran bahan yang mengandung larutan methylene blue kemudian dishaker pada kecepatan skala 4 pada suhu kamar hingga tercapai kesetimbangan, selanjutnya disaring. Filtrat dianalisis kadar methylene blue. Proses adsorpsi terdiri dari tiga tahap yaitu (1) difusi molekul adsorbat ke permukaan adsorbent, (2)

perpindahan adsorbat ke dalam pori adsorbent dan (3) pembentukan monolayer adsorbat. Ilustrasi adsorpsi pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses adsorption pada adsorbent ([www.fineprint.com](http://www.fineprint.com)) [11]

Kapasitas maksimum adsorpsi dihitung berdasarkan model *Isotherm Langmuir* yang ditunjukkan pada Persamaan (1). Persamaan *Langmuir* [12]

$$q_e = \frac{q_m \cdot b \cdot C_e}{1 + b \cdot C_e} \quad (1)$$

Jumlah methylene blue yang terjerap tiap massa adsorben pada kesetimbangan dihitung menggunakan persamaan (2).

$$q_e = \left( \frac{C_0 - C_e}{m} \right) \times V_a \quad (2)$$

dengan :

- $q_e$  : Jumlah methylene blue yang terjerap tiap massa adsorben pada kesetimbangan (mg/g)
- $q_m$  : Kapasitas adsorpsi pada monolayer (mg/g)
- $C_e$  : Konsentrasi kesetimbangan pada larutan (mg/L)
- $b$  : Konstanta adsorpsi (L/mg)
- $V_a$  : Volume adsorbat (mL)

### Luas Permukaan

Luas permukaan menggunakan metode methylene blue pada Persamaan (3)

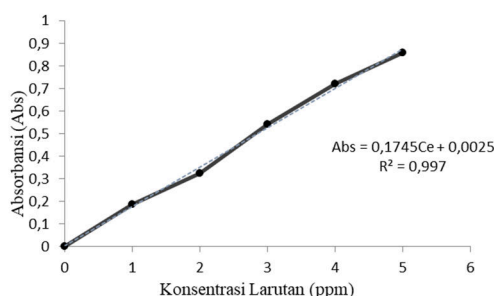
$$S = \frac{q_e \times N \times a}{M_r} \quad (3)$$

Keterangan :

- $N$  : Bilangan Avogadro ( $6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ )
- $a$  : Luas penutupan oleh 1 molekul methylene blue ( $197 \times 10^{-20} \text{ m}^2$ )
- $M_r$  : Massa molekul relatif methylene blue (320.5 g/mol)
- $S$  : Luas permukaan adsorben ( $\text{m}^2/\text{g}$ )

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penentuan kapasitas adsorpsi dan luas permukaan, data yang diperlukan berupa konsentrasi awal ( $C_0$ ) dan konsentrasi setimbang ( $C_e$ ) sehingga diperlukan kurva standar bertujuan menentukan konsentrasi awal ( $C_0$ ) dan konsentrasi setimbang ( $C_e$ ) pada larutan uji dengan sumbu "x" adalah konsentrasi dan sumbu "y" adalah absorbansi sehingga didapatkan persamaan  $y = mx + c$ . Hasil pengujian didapatkan persamaan  $\text{Abs} = 0.1745C + 0.0025$  dengan koefisien determinasi ( $R^2 = 0.9971$ ) mendekati 1 yang mengindikasikan bahwa persamaan akurat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



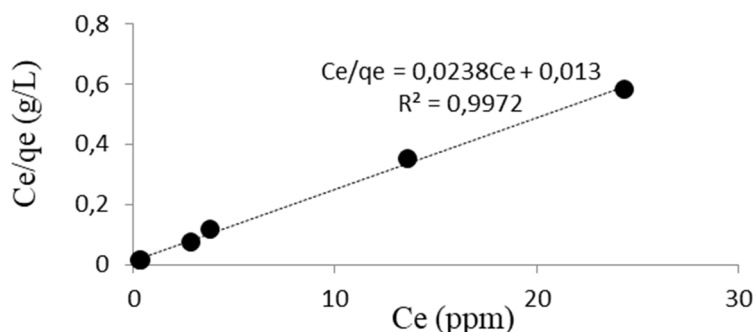
Gambar 2. Kurva Standar

### Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Isoterm adsorpsi seperti diuraikan pada prosedur kerja dan hasil pengujian berupa pengukuran menggunakan spektropotometer UV pada Panjang gelombang 662 nm didapat absorbansi yang dikonversi dengan persamaan kurva standar. Hasil pengujian berupa absorbansi di konversi menjadi  $C_e$  pada hubungan yaitu  $C_e = (Abs - 0.0025) / 0.1745$ . Nilai kapasitas adsorpsi maksimum ( $q_m$ ) didapatkan dengan melinierkan Persamaan (1) menjadi Persamaan (4).

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m \cdot b} + \frac{C_e}{q_m} \quad (4)$$

Hubungan  $C_e/q_e$  terhadap  $C_e$  ditunjukkan pada Gambar 3 dan untuk karbon tempurung kluwak aktivasi KOH 3M (KTKOH) dan digunakan menentukan nilai  $q_m$ .



Gambar 3. Karbon Aktip Tempurung Kluwak Aktivasi KOH 3M

Nilai  $q_m$  didapat Slope persamaan pada Gambar 2, hasil linierisasi memberikan persamaan yaitu  $C_e/q_e = 0.0238 Ce + 0.013$  dengan  $R^2$  0.9972 atau  $y = mx + c$ , maka slope ( $m$ ), maka  $q_m = 1/\text{slope} = 1/0.0238 = 42.081$  mg/g. Besarnya nilai  $q_m$  untuk KTKA dan KTKPO, perhitungan dengan cara yang sama dari persamaan regreslinier dan hasil ditunjukkan pada Tabel 1.

No	Perlakuan (Aktivasi)	Kapasitas Adsorpsi ( $q_m$ ) mg/g
1	KTK	1,15
2	KTKOH-3M	42.01
3	KTKPO-2.15M	16.89

Tabel 1. memberikan gambaran bahwa aktivasi meningkatkan kinerja adsorben ditunjukkan dengan meningkatnya  $q_m$ . Perbandingan antara kapasitas adsorpsi KTKOH 3M dengan KTKPO 2.15 M yaitu 2.5 kali lebih besar demikian pula untuk KTKOH-3M 40 kali dari KTK. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan aktivasi maka terbentuk pori yang baru sehingga meningkatkan kinerja adsorben dalam mengadsorpsi methylene blue.

Pada proses aktivasi juga bertujuan menghilangkan kotoran yang menempel dipermukaan karbon dan melarutkan zat volatile hasil karbonisasi. Aktivator KOH berperan membentuk pori baru pada karbon tempurung kluwak, semakin banyak pori yang terbentuk maka methylene blue terjerap akan semakin banyak pula seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Pada activator KOH 3M kemampuan menjerap maupun melarutkan zat pengotor lebih besar dibanding dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2.15 M, hal ini juga berpengaruh pada tingginya konsentrasi aktifier maka larutan akan semakin pekat sehingga larutan aktivator akan lebih mudah untuk mengikat zat pengotor berupa tar dan volatil hasil proses karbonisasi. Zat pengotor ini akan ikut terbuang ketika pencucian sehingga KTKA semakin bebas dan memiliki kemampuan menjerap adsorbat makin tinggi ditunjukkan dengan nilai kapasitas adsorpsi maksimum (qm) yang berbanding lurus dengan luas permukaan ditunjukkan pada Tabel 1. Hsu dan Teng [13] bahwa peningkatan porositas juga diakibatkan oleh jumlah impregnating agent yang digunakan, semakin banyak activator digunakan akan meningkatkan pembentukan pori pada karbon aktif.

### Penentuan Luas Permukaan

Hasil analisis luas permukaan menggunakan metode methylene blue sesuai Persamaan (3) bahwa luas permukaan (S) bahwa luas permukaan KTK paling kecil dibanding KTK, KTKOH-3M dan KTKPO-2.15 M seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Luas Permukaan KTK dan KTKA

No	Perlakuan (Aktivasi KOH)	S "Luas Permukaan" (m <sup>2</sup> /g)
1	KTK	4.261
2	KTKOH-3M	155.526
3	KTKPO-2.15 M	62.536

Luas permukaan KTKOH-3M terbesar dari luas permukaan KTKPO 2.15 M dan KTK. Hal ini mengindikasikan bahwa daya adsorpsi KTKOH-3M terhadap methylene blue lebih besar sehingga dapat mengukur secara efektif permukaan dari variable penelitian lainnya. Aktivator KOH bertujuan mengikat tar dan volatile hasil proses karbonisasi yang larut bersamaan air pencucian sehingga menghasilkan pori menjadikan karbon tempurung kluwak semakin bebas dari dua pengotor dan meninggalkan pori akan meningkatkan luas permukaan. Pada Tabel 2. memberikan menunjukkan bahwa aktivasi KOH memberikan adanya kenaikan luas permukaan dari 4.261 m<sup>2</sup>/g ke 155.526 m<sup>2</sup>/g pada KTKOH 3M yakni ±38 kali lebih besar demikian pula KTKPO 2.15 M ± 14 kali luas dibandingkan karbon tempurung kluwak tanpa aktivasi. Peningkatan luas permukaan KTKPO-3M juga significant daya serap methylene blue ditunjukkan pada luas permukaan sebesar 155.526 m<sup>2</sup>/g lebih besar dari KTKPO 2.15 M, bahwa sifat dehydrating agentnya juga semakin kuat pada jumlah tar dan volatile yang akan diikat cukup dengan konsentrasi KOH 3M sehingga pembentukan pori baru maksimal. Penelitian [14], bahwa semakin besar konsentrasi activator maka sifat dehydrating agent nya juga semakin kuat sehingga pori-pori karbon semakin terbuka. KOH merupakan basa kuat yang dapat menghilangkan zat-zat pengotor dalam karbon seperti volatil dan tar sehingga membuat karbon lebih berpori, [15]. KOH akan bereaksi dengan karbon dan merusak bagian dalam karbon sehingga membentuk pori-pori yang semakin banyak [16]. Semakin besar luas permukaan adsorben maka jumlah molekul yang teradsorpsi juga akan semakin banyak. Pada aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> memiliki daya adsorpsi lebih kecil sehingga luas permukaannya kecil, hasil ini juga pada penelitian sebelumnya [17]. Kualitas karbon aktif menggunakan aktivator KOH lebih baik dibandingkan menggunakan aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dengan luas permukaan menggunakan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 85% sebesar 135200 m<sup>2</sup>/g, untuk KOH 5 M sebesar 145500 m<sup>2</sup>/g. Daya serap yang semakin besar menunjukkan bahwa luas permukaan karbon aktif juga semakin besar. Daya serap terhadap methylene blue sebanding dengan luas permukaan [18]

### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah: Aktivasi karbon tempurung kluwak KOH3M memiliki luas permukaan dan kapasitas maksimum adsorpsi (qm) lebih tinggi di banding aktivasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2.15 M, luas permukaan karbon aktif tempurung kluwak aktivasi KOH 3M yaitu 155.526 m<sup>2</sup>/g dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2.15 M sebesar 62.536 m<sup>2</sup>/g, dan kapasitas maksimum adsorpsi (qm) aktivasi KOH 3M sebesar 42.01 mg/g dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2.15 M yaitu 16.89 mg/g.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti berterima kasih kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memfasilitasi dalam hal pendanaan, jurusan Teknik Kimia akan sarana dan prasana, pengrajin kluwak berupa material dan tim kluwak sebagai pelaksana yang luar biasa semangatnya.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kurniasari, St. H. dan Gloriana W. F. Pemanfaatan Karbon Aktif Tempurung Kluwak (Pangium Edule) pada Penurunan Kadar Asam Lemak Bebas Minyak Goreng Bekas. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kimia Poiteknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, 2020.
- [2] Yuliani HR , Elizabet Alwina, Isma Ayu Ningsih Putri Zainal, Ida Adriani Idris, Haera Setiadi, dan Andi Musfira Adhar, Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Karbon Tempurung Kluwak Teraktivasi Kalium Hidroksida, Jurnal Kimia dan Rekayasa, Fakultas Teknik Univ Setia Budi, Solo, Vol 2 No 1, pp. 1-6, 2021.
- [3] Lestari Retno Sulisty Dhamar, Denni Kartika Sari, Afriyanti Rosmadiana, Bening Dwiper mata, Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Dengan Aktivator Asam Fosfat Serta Aplikasinya Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas, Jurnal Teknik, , Fakultas Teknik, Universitas Sultan Agung Tirtayasa, Cilegon Banten, Vol 12 No 3, pp. 419-430 2016,
- [4] Labanni, A., Zakir, and M., Marning., “Synthesis and Characterization of Nanoporous Carbon from Surgacane Bagasse (Saccharum Offianarum) wothn ZnCL2 Activator by Ultrasonic Irradiation as Electrochemical Energy Storage Material” Indonesia Chimica Acta, Volume (8), pp.42-51, 2015.
- [5] Nazzal, J.S., Kamiriska, W., Michalkiewics, B., Kore, Z.C., “Production Charaterization and Methane Storage Potential of KOH-Activated Carbon From Surgarcane Molasses”, Industrial Crops and Products, Volume (47), pp. 153-159, 2013.
- [6] Iwaniec, I.W., Di’ez. N., and Gryglewicz.G. “Chitosan-Based Highly Activated Carbons for Hydrogen Storage”, International Journal of Hydrogen Energy. Vol (40), pp. 5788–5796, 2015
- [7] Bedin, K.C., Martins, A.C., Cazetta, A., Pezoti, O., and 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
- [8] Alif, A., Zakir, M., and Maming, “ Sintesis dan Karakterisasi Karbon Nanopori Ampas Tebu (Saccharum officianarum) dengan Aktivator NaOH Melalui Iradiasi Ultrasonik sebagai Bahan Penyimpan Energi Elektrokimia”, Indonesia Chimica Acta, Volume (7), pp. 39-46, 2014
- [9] Knaebel, K.S., Adsorbent Selection, Adsorption Research, Inc, Dublin, Ohio, 2008
- [10] Chen C.X., Huang B. Li. Ti., Wu, G.F., “Preparation of Phosphoric Acid Activated Carbon from Surgarcane Bagasse by Mechanochemical Processing”, BioResources, Volume (4), pp. 5109-5166, 2012
- [11] -----, Adsorpsi, www.fineprint.com
- [12] Do, D.D., Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics, Series on Chemical Engineering, Vol 2, Imperial College, 13 – 16, 1998
- [13] Hsu, L. Y., & Teng, H. (2000). Influence Of Different Chemical Reagents On The Preparation Of Activated Carbons From Bituminous Coal, Fuel Processing Technology. 155-166, 2000
- [14] Alif, A., Zakir, M., and Maming, “ Sintesis dan Karakterisasi Karbon Nanopori Ampas Tebu (Saccharum officianarum) dengan Aktivator NaOH Melalui Iradiasi Ultrasonik sebagai Bahan Penyimpan Energi Elektrokimia”, Indonesia Chimica Acta, Volume (7), pp. 39-46, 2014
- [15] Latifan, R. dan Susanti D. 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. 1 (1): 1–6, 2012.
- [16] Shofa. “Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan AKtivasi Kalium Hidroksida”. Skripsi. Depok: Fakultas Teknik Program Studi Teknik Kimia Universitas Indonesia. (Online), (<https://lib.ui.ac.id> (diakses 10 Desember 2020), 2012
- [17] Apryanti, E, Pengaruh Konsentrasi Aktivator H3PO4 dan Waktu Aktivasi Terhadap Kualitas dan Kinerja Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa Sawit. Palembang, 2016
- [18] Turmuzi, M, Pengaruh Suhu dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Salak (Salacca edulis) dengan Impregnasi Asam Fosfat. Jurnal Teknik Kimia, Hal 1-5, 2015.