

# Karakterisasi Karbon Aktif dari Kulit Kopi dengan Variasi Konsentrasi Aktivator sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru

Relius Zakaria Sibarani, Ni Made Dwidiani, IGN Nitya Santhiarsa  
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Karbon aktif ialah karbon yang telah diaktivasi sehingga mempunyai luas permukaan tinggi dan memiliki penyerapan yang baik terhadap senyawa atau molekul seperti metilen biru ataupun timbal. Limbah kulit kopi merupakan limbah yang sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif karena ketersediaannya dilingkungan cukup banyak namun pemamfaatannya belum maksimal. Salah satu cara untuk memaksimalkan kinerja karbon aktif ialah dengan memvariasikan konsentrasi aktivator KOH agar diperoleh struktur permukaan terbaik. Variasi konsentrasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah perbedaan jumlah molar antara lain 2, 3 dan 4 Molar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi larutan aktivator KOH akan semakin baik pula kualitas karbon aktifnya, namun konsentrasi ini memiliki titik jenuh, terbukti pada konsentrasi 4 molar kualitas karbonnya menurun. Penyerapan metilen biru pada 2 M, 3 M dan 4 M berturut-turut 95,42%, 98,91% dan 94,98%.

Kata kunci : kulit kopi, karbon aktif, KOH, metilen biru

## Abstract

Activated carbon is a carbon that has been activated so that it has a high surface area and good absorption of anions, cations and molecules in the form of organic and non-organic compounds, both in the form of liquid and gases. Coffee shell is a waste that has the potential to be used as a basis for making activated carbon because there is a lot of availability in the environment but its utilization is not yet optimal. One way to maximize the performance of activated carbon is to vary the KOH activator concentration in order to obtain the best surface structure. The variation of concentration conducted in this study is the difference in the number of molar, including 2, 3 and 4 molar. The test results show that increasing the concentration of KOH activator solution will improve the quality of activated carbon, but this concentration has a saturation point, as evidenced at a 4 molar concentration of carbon quality decreases. Absorption of methylene blue at 2 M, 3 M and 4 M were 95.42%, 98.91% and 94.98%.

Keywords : coffee shell, activated carbon, KOH, methylene blue

## 1. Pendahuluan

Karbon aktif ialah karbon atau arang yang telah diaktivasi sehingga mempunyai luas permukaan tinggi dan memiliki penyerapan yang baik terhadap senyawa atau molekul seperti metilen biru, timbal, Cd dll.

Di dunia, kebutuhan karbon aktif terbilang cukup besar. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya kebutuhan dunia terhadap karbon aktif lebih dari 6% per tahunnya dan diduga mencapai 1.9 jt metric ton pada tahun 2020 dengan rincian 27% untuk Amerika Utara, 14% untuk Eropa Barat, 39% untuk Asia Pasifik, 7% untuk Amerika tengah dan selatan, 7% untuk Eropa Timur, 6% untuk Afrika [1]

Bahan dasar pembuatan karbon aktif yang digunakan adalah kulit kopi. Kulit kopi ialah limbah yang dihasilkan saat proses produksi biji kopi, di Indonesia limbah kulit kopi sangat banyak karena produksi biji kopi di Indonesia pun memang besar. Di Indonesia, limbah kopi ini belum dimanfaatkan secara baik dan maksimum, padahal dari produksi kopi dapat menghasilkan limbah kulit kopi mencapai 28,7%. Indonesia merupakan penghasil kopi terbesar ke empat setelah Brazil, Vietnam dan Kolombia.

Produksi kopi di Indonesia mencapai 612.000 ton per tahun 2018 [2]

## 2. Dasar teori

### 2.1. Karbon Aktif

Karbon aktif/arang aktif, merupakan arang yang diaktifkan melalui proses kimia maupun fisika. Definisi diaktifkan disini adalah membuka pori-pori arang yaitu dari luas  $2\text{m}^2/\text{g}$  menjadi  $300\text{-}3500\text{ m}^2/\text{g}$ . Susunan karbon aktif terdiri dari atom-atom terikat secara kovalen dalam sisi hexagonal dimana molekulnya berbentuk plat-plat datar. Konfigurasi bentuk pelat saling bertumpuk pada permukaannya dengan gugus hidrokarbon, sehingga dengan menghilangkan hidrogen dan bahan aktif (gugus hidrokarbon), maka permukaan dan pusat aktif menjadi luas [3]

Komponen dari karbon aktif ini terdapat beberapa bagian yaitu abu, karbon tetap, air, volatile, sulfur dan nitrogen. Terdapat 2 cara mengaktifkan karbon, yaitu dengan reaksi oksidasi lemah menggunakan uap air pada suhu yang relatif tinggi yakni berkisar antara  $900\text{-}1000^\circ\text{C}$  atau dengan cara dehidrasi bahan kimia. Banyak perusahaan kini memproduksi karbon aktif

dengan menggunakan kedua cara tersebut agar memperoleh luas permukaan spesifik yang maksimal.

## 2.2. Kulit Kopi

Tumbuhan kopi merupakan golongan genus *Coffea* keluarga *Rubiaceae*. Genus *coffea* memiliki lebih dari 100 anggota spesies. Kopi arabika, kopi robusta dan kopi liberika merupakan 3 spesies kopi yang dibudidayakan untuk tujuan komersial.

Buah kopi mempunyai empat bagian antara lain biji kopi, kulit biji kopi, lapisan lender dan kulit luar. Komposisi kopi terdiri dari karbon 57 %, kafeina 2.5%, protein 8-12 %, karbohidrat 50% dari berat biji kopi, selulosa 15-43% [4]

## 2.3. Aktivasi

Aktivasi adalah proses untuk membuat karbon menjadi aktif dengan menggunakan *treatment*. Aktivasi dilakukan bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan dan daya serap karbon aktif. Terdapat dua cara atau metode yang sering digunakan untuk mengaktivasi yaitu aktivasi kimia dan fisika, pada penelitian ini digunakan aktivasi kimia karena yang menjadi variabel pada penelitian ini adalah variasi konsentrasi aktivator.

Aktivasi metode kimia ialah proses yang menggunakan bahan kimia untuk memutuskan rantai karbon dari senyawa-senyawa organik. Dalam tahap ini diperlukan senyawa kimia sebagai aktivator. Aktivator merupakan senyawa kimia yang digunakan sebagai pengaktif pada adsorben karbon aktif sehingga memiliki luas permukaan yang tinggi dan daya serap lebih baik. Zat aktivator berfungsi untuk melepaskan molekul air dan zat organik lainnya yang masih menempel pada karbon pada saat karbonisasi. Lalu aktivator akan menggerus pori dan membentuk pori pada permukaan karbon aktif. Aktivasi dapat dilakukan dengan cara merendam karbon kedalam larutan yang bersifat basa seperti KOH atau NaOH, asam seperti  $H_3PO_4$  atau  $H_2SO_4$  dan garam seperti NaCl [5]

Pada penelitian ini, digunakan aktivasi kimia dengan senyawa KOH sebagai aktivator dengan memvariasikan konsentrasinya. Pemilihan KOH sebagai aktivator berdasarkan fungsinya yakni sebagai agen dehidrasi karena tingginya afinitasi untuk air sehingga KOH memiliki sisi aktif berfungsi sebagai pengering, penghambat pembentukan tar, dan juga mengarahkan reaksi pembentukan arang pada temperatur di bawah  $200^{\circ}C$  [6]. Menurut Yong Xiao, pengaruh variasi konsentrasi aktivator dalam proses aktivasi kimia menentukan luas permukaan spesifik serta distribusi pori yang terbentuk pada permukaan karbon aktif [7].

## 2.4. Metilen Biru

Zat ini sering digunakan sebagai pewarna kain, wol, tekstil, peralatan kantor, kertas dan kosmetik. Metilen biru mempunyai berat molekul 320,5 gr/mol,

dengan daya larut sebesar  $4,36 \times 10^4$  mg/L dan titik leburnya  $105^{\circ}C$

Peraturan menteri lingkungan hidup yang tertuang dalam Kep-51 / MENLH / 10 / 1995 tentang limbah cair, kepekatan maksimum zat metilen biru yang diizinkan yaitu 5-10 mg/L atau 5 - 10 ppm [8]. Pengujian daya serap metilen biru menggunakan alat spektroskopi UV- Vis. Konsentrasi metilen biru yang terserap digunakan untuk menghitung luas permukaan karbon aktif :

$$X_{m_{\text{metilen biru}}} = \frac{V}{1000} \times C_{\text{metylene blue}} \quad (1)$$

$$\text{Luas permukaan (S)} : \frac{W}{M_r} \quad (2)$$

Dimana :

A = Luas penampang metilen biru ( $197 \times 10^{-20}$  m<sup>2</sup>/molekul )

C = Konsentrasi metilen biru yang teradsorpsi ( mg/L )

Mr = masa relative metilen biru ( gr/mol )

N = Bilangan Avogadro (  $6,02 \times 10^{23}$  molekul/mol )

V = Volume larutan metilen biru ( ml )

W = Berat karbon (gr)

Xm = Kapasitas adsorpsi metilen biru (mg/g)

Keterangan :

Volume larutan metilen biru = 20 ml

W = 0,1 gr

Mr  $C_{16}H_{18}ClN_3S$  = 320,5 g/mol

Konsentrasi metilen biru yang teradsorpsi didapat dari alat spektroskopi UV- Vis.

## 3. Metode Penelitian

### 3.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Proses pembuatan bahan karbon aktif yang dijelaskan pada skema desain penelitian sebagai berikut.



Gambar 1. Skema Desain Penelitian

### 3.2. Peralatan Pengujian

- Oven untuk pengeringan.
- Kendi dari tanah liat sebagai wadah untuk pemanasan material.
- Loyang oven untuk wadah material.
- Furnace untuk karbonisasi.
- Thermocouple* mengetahui suhu karbonisasi.
- Mortal untuk menghaluskan arang.
- Saringan 100 *mesh* untuk menyaring arang.
- Timbangan
- Proximate Analyzer* untuk menganalisis kandungan karbon dari sampel karbon aktif.
- SEM*

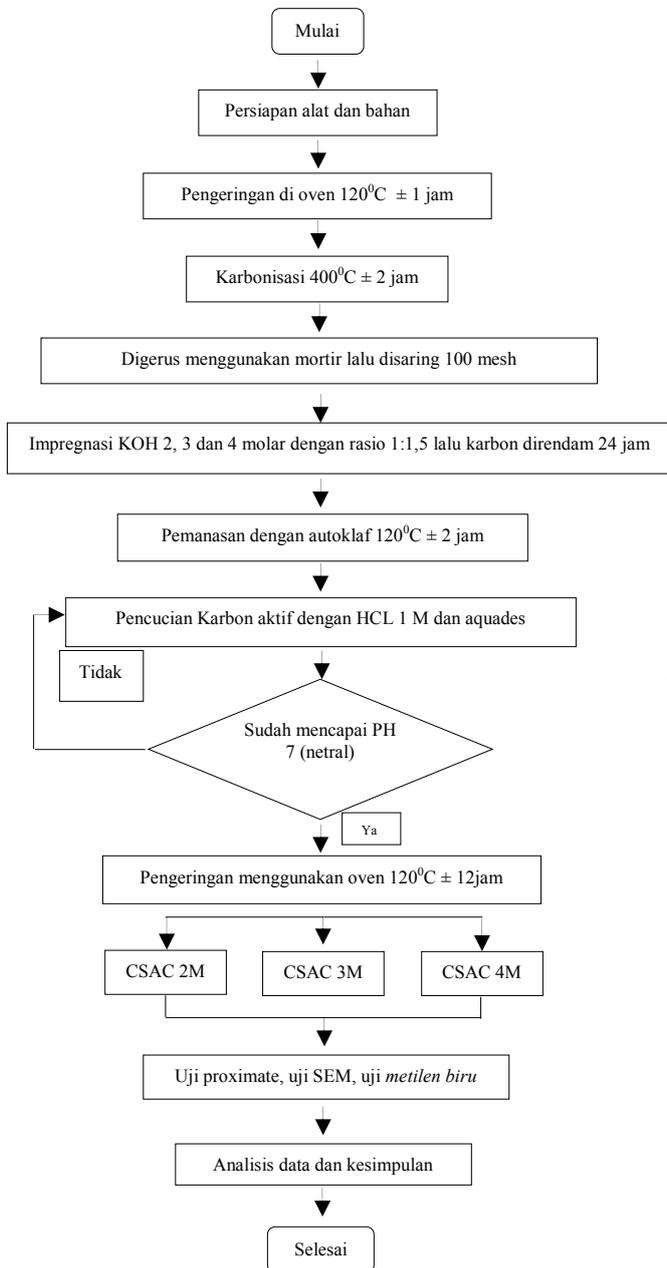
### 3.3. Variabel Penelitian

#### 1. Variabel bebas

- Konsentrasi KOH 2, 3 dan 4 Molar

2. Variabel terikat
  - a. Morfologi permukaan karbon aktif
  - b. Daya serap metilen biru
3. Variabel kontrol
  - a. Suhu karbonisasi, suhu pengeringan.

### 3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Langkah-Langkah Penelitian

### 3.5 Prosedur Pelaksanaan

Adapun tahapan pembuatan arang aktif/karbon aktif terdiri dari 3 tahap utama, yakni tahap pengeringan, karbonisasi, dan aktivasi. Adapun penjelasannya sebagai berikut.

#### 1. Tahap Pengeringan

- a. Kulit kopi dikeringkan didalam oven selama 3

jam pada suhu 120°C.

#### 2. Tahap Karbonisasi

- a. Kulit kopi dibakar di dalam *furnace*/tanur 2 jam dengan suhu 400°C. Dalam proses karbonisasi ini untuk meminimalisir reaksi dengan oksigen, digunakan pasir silika (*silicon dioxida*) sebagai pengisi ruang kosong dalam tempat karbonisasi.
- b. Arang kulit kopi dihaluskan dengan mortir.
- c. Arang kemudian diayak menggunakan saringan 100 mesh.

#### 3. Tahap Aktivasi

- a. Arang kulit kopi dicampur dengan larutan KOH dan direndam selama 24 jam dengan variasi konsentrasi 2,3 dan 4 molar serta rasio berat (KOH : arang) 1,5:1.
- b. Sampel diautoklaf 120°C selama 3 jam
- c. Karbon aktif dicuci dengan larutan HCL sampai mendekati PH 7 antara PH 8-9 lalu dibilas dengan *aquades* hingga pH 7 netral.
- d. Karbon aktif dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 12 jam.
- e. Karbon aktif yang sudah dikeringkan siap untuk diuji.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Uji Proximate

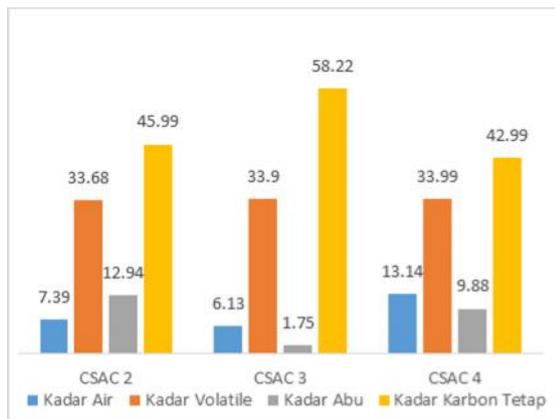
Uji proximate ini untuk mengetahui kandungan dari karbon aktif berupa kadar air, kadar abu, kadar volatile dan *fixed carbon*.

Tabel 1. Data Hasil Uji Proximate

Sampel	Kadar Air (%)	Kadar Volatile (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Karbon Tetap (%)
CSAC 2	7,39	33,68	12,94	45,99
CSAC 3	6,13	33,90	1,75	58,22
CSAC 4	13,14	33,99	9,88	42,99

Berdasarkan data tabel di atas, kadar karbon tetap tertinggi pada sampel CSAC 3 yaitu 58,22 %. Besar nilai karbon tetap dipengaruhi dengan nilai kadar abu, kadar air dan kadar volatile, jika nilai ketiganya semakin rendah maka otomatis nilai kadar karbon tetap semakin tinggi.

Berdasarkan data grafik di atas, terlihat bahwa kadar air terendah pada CSAC 3, hal ini disebabkan karena sifat *dehydrating agent* yang dimiliki aktivator KOH cukup baik pada konsentrasi optimum yaitu 3 molar untuk menurunkan kadar air dari karbon aktif [8].

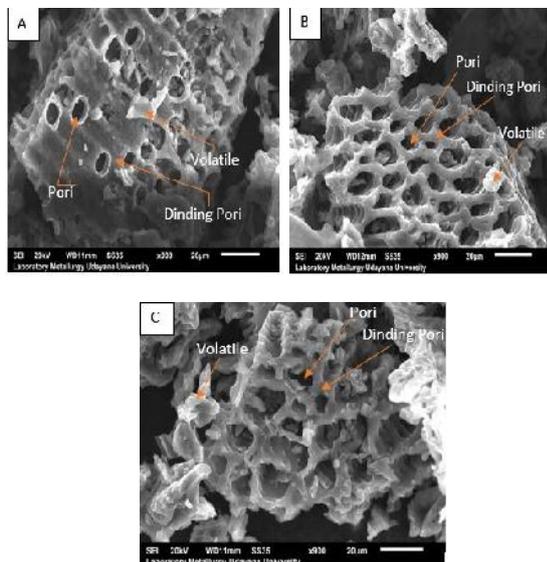


Gambar 3. Grafik Hasil Uji Proximate

Kadar volatile sampel dengan variasi konsentrasi tidak menunjukkan perbedaan nilai yang signifikan, namun cenderung meningkat seiring meningkatnya konsentrasi aktivator KOH, hal ini disebabkan oleh suhu karbonisasi kurang tinggi sehingga masih banyak gas-gas yang belum terurai/masih terperangkap sehingga menimbulkan volatile.

Abu ialah pengotor yang dapat mempengaruhi kualitas karbonnya. Berdasarkan SNI-06-3730-1995 karbon aktif yang baik memiliki kadar abu maksimal 10%. Nilai kadar abu paling rendah pada CSAC 3 yaitu 1,75 %, baik dan masih sesuai standart SNI [9].

#### 4.2 Uji SEM



Gambar 4. Morfologi Permukaan Karbon Aktif dengan Pembesaran 900x;  
(a) CSAC 2 M, (b) CSAC 3 M, (c) CSAC 4 M

##### 4.2.1 Bentuk

Gambar 4 (a) menunjukkan morfologi bentuk pori dari sampel CSAC 2 terlihat masih belum banyak pori yang terbentuk dan tidak teratur, untuk sampel (b) CSAC 3 lebih banyak pori dan bentuk struktur

pori nya lebih teratur, sedangkan pada sampel (c) CSAC 4 banyak pori yang terbentuk namun terlihat dinding pori rusak/runtuh sehingga struktur porinya tidak teratur.

Berdasarkan bentuk pori masing-masing sampel, dapat dijelaskan bahwa konsentrasi aktivator KOH dapat mempengaruhi bentuk pori karbon aktif, pada konsentrasi KOH 3 Molar merupakan konsentrasi yang optimum karena lebih banyak pori dan bentuk struktur porinya lebih teratur.

##### 4.2.2 Bagian

Terdapat 3 bagian utama dari struktur karbon aktif yang ditunjukkan oleh hasil gambar SEM, yakni bagian pori-pori, dinding pori dan volatile (zat terbang/pengotor). Berdasarkan gambar bagian-bagian karbon aktif, terlihat pada setiap sampel masih terdapat volatile/zat pengotor. Hal ini disebabkan oleh proses pencucian yang kurang maksimal.

#### 4.3 Uji Adsorpsi Metilen Biru

Uji penyerapan dilakukan untuk melihat seberapa besar kemampuan karbon aktif dari kulit kopi untuk menyerap zat *methylene blue*.

Karbon ditimbang 0,1 g lalu dicampur kedalam larutan metilen biru 5 ppm 20 ml setelah itu diaduk dengan magnetic stirrer selama 15 menit. Kemudian dilakukan penyaringan dengan kertas *whatman* dan hasil filtratnya diukur konsentrasinya dengan spektro UV-VIS. Panjang gelombang spektro UV VIS 664 nm. Hasil adsorpsi ditunjukkan pada table berikut.

Tabel 2. Data Hasil Uji Adsorpsi

Sampel	C <sub>sisa</sub> (ppm)	C <sub>terserap</sub> (ppm)	X <sub>m</sub> (mg/g)	S (m <sup>2</sup> /mg)	(%)
CSAC2	0,23	4,77	95,4	353,55	95,42%
CSAC3	0,05	4,95	99	366,32	98,91%
CSAC4	0,25	4,75	95	351,52	94,98%

Dari tabel terlihat bahwa sampel CSAC 3 memiliki daya adsorpsi yang paling tinggi dengan nilai 99 mg/g. Daya adsorpsi terendah terlihat pada sampel CSAC 4. Pada sampel CSAC 2 dan CSAC 3 terjadi peningkatan daya adsorpsi seiring dengan peningkatan konsentrasi molar, namun pada CSAC 4 dengan konsentrasi 4 molar daya adsorpsi menurun yang menandakan nilai konsentrasi sudah melewati batas optimum [10]. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi 3 molar merupakan konsentrasi optimum pada penyerapan metilen biru. Semakin besar daya adsorpsi maka luas permukaan adsorben juga semakin besar.

#### 5. Kesimpulan

1. Konsentrasi aktivator berpengaruh pada karakteristik yaitu kadar karbon tetap dan morfologi permukaan karbon aktif dari kulit

kopi. Dengan meningkatnya konsentrasi 2, 3 dan 4 molar karbon tetap meningkat dari 45,99% menjadi 58,22% kemudian menurun menjadi 42,99%. Dapat disimpulkan bahwa konsentrasi optimum berada di 3 molar.

2. Konsentrasi aktivator berpengaruh pada performance penyerapan metilen biru. Dengan meningkatnya konsentrasi 2, 3 dan 4 molar nilai penyerapan metilen biru meningkat dari 95,42% menjadi 98,91% kemudian menurun menjadi 94,98%. Dapat disimpulkan untuk *performance* penyerapan metilen biru optimum di konsentrasi 3 molar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Group, T. F., 2016, *World Activated Carbon*, Order A Journal on The Theory of Ordered Sets and Its Applications, pp. 1–8.
- [2] *Organition, I. coffee* (2019) '*Production Coffee by all exporting countries*', (July), pp. 1–9. doi: .1037//0033-2909.126.1.78.
- [3] Hartanto, S., and Ratnawati., 2010 '*Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia*', Jurnal Sains Materi Indonesia, 12(1), pp. 12–16. Available at: <http://jurnal.batan.go.id/index.php/jsmi/article/view/4588/4002>.
- [4] Ayu anggraini P., dkk 2017, 2013, *Kajian Kapasitas Adsorpsi Arang Kulit Kopi Robusta Teraktivasi ZnCl<sub>2</sub> Terhadap Ion Pb (II)*, Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), pp. 1689–1699. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [5] Rohmah, P. M., and Redjeki, A. S., 2014 *Pengaruh Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Karbon aktif Berbahan Baku Sekam Padi dengan Aktivator KOH*, Jurnal Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [6] Hwang, Y. J., et al., 2007, *Pyrolytic Carbon Derived From Coffee Shells As Anode Materials For Lithium Batteries*, Journal of Physics and Chemistry of Solids, 68(2), pp. 182–188. doi: 10.1016/j.jpics.2006.10.007.
- [7] Xiao, Z., et al., 2018, *Porous Biomass Carbon Derived From Peanut Shells As Electrode Materials With Enhanced Electrochemical Performance For Supercapacitors*, International Journal of Electrochemical Science, 13(6), pp. 5370–5381. doi: 10.20964/2018.06.54.
- [8] Nurfitriana, N., et al., 2019, *Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida*

*(KOH) pada Karbon Aktif dan Waktu Kontak Terhadap Daya Adsorpsi Logam Pb dalam Sampel Air Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya*, Akta Kimia Indonesia, 4(1), p. 75. doi: 10.12962/j25493736.v4i1.5071.

- [9] Fitriyani Faujjiah., 2012, *Pemamfaatan Karbon Aktif dari Limbah Padat Industri Agar-Agar Sebagai Adsorben Logam Berat dan Bahan Organik dari Limbah Industri Tekstil*, Jurnal Ilmu Kelautan IPB.
- [10] Arlofa, N., 2016, *Kondisi Optimum Konsentrasi Aktivator dan Suhu Biosorben Pada Zat Warna Tekstil*, Jurnal Kimia Universitas Serang Raya, pp. 1–7.

