

ADSORPSI METHYLENE BLUE MENGGUNAKAN ADSORBEN KARBON TEMPURUNG KLUWAK

Methylene Blue adsorption utilizing kluwak shell carbon adsorbent

HR Yuliani^{1*}, Dian Ranggina², Dewi Astuti Herawati³, Nurul Fadhilah Sulham⁴, Mifthahul Janna⁵, Aisyah⁶, Nayla⁷, Rezky Ananda⁸, A. Isyana Sabillah⁹

^{1,2,4,5,6,7,8,9} Teknik Kimia, Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl. Perintis Kemerdekaan Km 10 Tamalanrea Makassar, 90112, Telp. 0411-585365

³ Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta, Jl. Letjen Sutoyo-Mojongo, Surakarta, Telp. 0271-852578

*Corresponding Author: yulianihr@poliupg.ac.id

ABSTRAK: Karbon tempurung kluwak (KTK) merupakan adsorben ramah lingkungan yang berasal dari biomassa buah kluwak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aktivasi fisika pada karbon tempurung kluwak teraktivasi KOH (KTKOH) kisaran suhu 500 – 900 °C dan membandingkan dengan KTK teraktivasi H₃PO₄ (KTKH₃PO₄) dan KTK. Kinerja adsorben ditentukan melalui penentuan kapasitas adsorpsi maksimum (qm) *Methylene Blue* (MB) menggunakan persamaan langmuir dan luas permukaan metode Brunnaeur Emmet and Teller (BET). *Isotherm adsorption Methylene Blue* sistem *batch* selama 90 menit, kecepatan pengadukan 220 rpm, 0.25-gram adsorben dan 50 ml pada 6 konsentrasi MB range 60-200 ppm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi aktivasi kimia dan aktivasi fisika pada suhu 500 – 800 °C dapat meningkatkan kinerja adsorben. Aktivasi KTKOH dan KTKH₃PO₄ pada 700°C juga meningkatkan qm serta luas permukaan adsorben. Kapasitas adsorpsi maksimum dan luas permukaan untuk KTKOH700 dan H₃PO₄700 lebih tinggi dibandingkan KTK. Kondisi optimal penelitian bahwa kombinasi aktivasi KTKOH700 memiliki nilai kapasitas adsorpsi maksimum 44.47 mg/g dengan luas permukaan 269.74 m²/g dan KTKH₃PO₄700 didapatkan qm sebesar 59.55 mg/g serta A seluas 427.26 m²/g. Nilai qm 30.75 mg/g dan A sebesar 166.21 m²/g untuk karbon tempurung kluwak.

Kata kunci : karbon; tempurung; kluwak; adsorpsi; adsorben

ABSTRACT: Kluwak shell carbon (KTK) is an eco-friendly adsorbent made from kluwak fruit biomass. The objective of this study is to investigate the impact of physical activation on KOH-activated kluwak shell carbon (KTKOH) within the temperature range of 500 - 900 °C, and to compare it with H₃PO₄-activated KTK (KTKH₃PO₄) and KTK. The performance of the adsorbent was evaluated by determining the maximum adsorption capacity (qm) of *Methylene Blue* (MB) using the Langmuir equation and the surface area of the Brunnaeur Emmet and Teller (BET) method. The *Methylene Blue batch* system was subjected to isotherm adsorption for 90 minutes, with a stirring speed of 220 rpm, 0.25 grams of adsorbent, and 50 ml at 6 concentrations of MB ranging from 60 to 200 ppm. The study found that the adsorbent performance can be improved by combining chemical and physical activation at temperatures ranging from 500 to 800 °C. KTKOH and KTKH₃PO₄ at 700 °C increased the adsorbent's qm and surface area. The maximum adsorption capacity and surface area were achieved of KTKOH700 and KTKH₃PO₄700 at a higher temperature than KTK. The study found that the optimal condition for adsorption capacity was achieved for KTKOH700, resulting in a maximum adsorption capacity value of 44.47 mg/g and a surface area of 269.74 m²/g, KTKH₃PO₄700 activation resulted in a qm of 59.55 mg/g and A of 427.26 m²/g. The kluwak shell carbon had a maximum adsorption capacity value of 30.75 mg/g and a surface area of 166.21 m²/g.

Keywords: carbon; shell; kluwak; adsorption; adsorbent

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia usaha pada industri tekstil memberikan dampak positif berupa peningkatan ekonomi dan segi negatif terkhusus limbah buangan hasil pencucian pewarnaan. Berbagai upaya dilakukan dalam pengolahan limbah dan terpopuler dengan biaya ekonomi, efektif serta proses sederhana adalah adsorpsi (Baunsele dan Missa, 2020). Sistem kerja adsorpsi yaitu (1) bahan terjerap atau adsorbat (cairan ataupun gas) dan (2) material penjerap disebut adsorben. Karbon aktif komersial merupakan adsorben terpopuler digunakan saat ini hanya saja harga saat ini mahal. Material pembuatan karbon aktif dapat diperoleh dari biomassa yang mengandung *fixed carbon* tinggi. Penelitian adsorben dari biomassa saat ini dikembangkan, muda diperoleh, limbah bagi masyarakat, dan sifatnya ramah lingkungan. Tempurung kluwak mengandung senyawa selulosa, hemiselulosa, lignin, dan *fixed* karbon yang tinggi sehingga berpotensi sebagai bahan baku karbon (Putra et al., 2018). Komponen dan *fixed* karbon yang dimiliki tempurung merupakan potensinya sebagai material karbon aktif.

Karbon tempurung kluwak telah dimanfaatkan adsorpsi methylene blue (Andi Musfirah Adhar dkk., 2021). Penelitian pemanfaatan kluwak sebagai adsorben juga diteliti oleh Yuliani HR (2021 dan 2023)) menunjukkan bahwa karbon tempurung kluwak (KTK) mampu menyerap methylene blue serta memiliki kapasitas

adsorpsi maksimum 15.87 mg/g dan 36.19 mg/g untuk KTK teraktivasi KOH 5M.

Peningkatan adsorben dapat dilakukan dengan aktivasi fisika (*thermal*) atau aktivasi kimia (larutan asam/ basa) dan kombinasi keduanya. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi KTK aktivasi KOH 3M dilanjutkan aktivasi suhu 500, 600, 700, 800, dan 900 °C. Pemilihan aktivator KOH didasarkan pada basa yang kuat, dan higroskopis, (Hardi et al., 2020) dan memiliki luas permukaan lebih besar dibandingkan NaOH, (Mossfika et al, 2020). Aktivasi fisika pada suhu tertentu bertujuan menguapkan zat pengotor dan *volatile* yang tidak terlarut dalam larutan aktivator kimia. Pengaruh suhu aktivasi terhadap daya serap karbon aktif kulit kemiri terhadap iodium meningkat seiring meningkatnya temperatur, (Landiana Etni Laos dkk, 2016). Kinerja karbon tempurung kluwak dan KTK aktivasi KOH dilanjutkan aktivasi suhu 500-900 °C akan diuji kapasitas adsorpsi maksimum dalam menyerap methylene blue dan luas permukaan menggunakan metode BET.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari (a) pembuatan karbon tempurung kluwak, (b) aktivasi KOH, aktivasi Suhu (500-900) °C, (c) pengujian, (d) pengolahan data.

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan yaitu furnace jenis *rotary drum* (rancangan), seperangkat alat proses aktivasi kimia dilengkapi *hotplate stirrer magnetic* dan

suhu. *Furnace automatic*, seperangkat alat adsorpsi *sistem batch* jenis orbit *shaker* UV-VIS, oven, dan ASS ANOVA.

Bahan penelitian yakni (a) bahan baku berupa tempurung kluwak dari kabupaten Soppeng, (b) bahan aktivasi KOH Merck, (c) HCl Merck dan (d) bahan pengujian Metylene Blue Merk CME.

2.2 Prosedur

2.2.1. Pembuatan Karbon

Tempurung kluwak dibersihkan dari kotoran, dikeringkan, dan dimasukkan dalam *rotary drum (furnace)*. Pemanasan hingga air menyambar api dalam *furnace* dibiarkan ± 10 menit. Selama proses karbonisasi ± 2 jam diputar dan sumber panas menggunakan gas. Karbon yang didapatkan dikecilkan ukuran menggunakan *crusher*, diayak, di cuci dan dikeringkan hingga kadar air $\leq 15\%$, KTK.

2.2.2. Aktivasi Kimia

Karbon tempurung kluwak (KTK) hasil 2.2.1 selanjutnya diaktivasi KOH 3M dengan perbandingan KTK : Aktivator 1:3. Campuran KTK dan KOH 3 dipanaskan 80°C dan diaduk dengan pengaduk kecepatan ± 200 rpm selama 4 Jam. Campuran didiamkan selama 24 jam suhu lingkungan. Campuran dicuci dengan aquadest dan menambahkan HCl 0.1 N dalam air pencucian awal. Pencucian dihentikan hingga air pencucian pH 7. KTK aktivasi KOH dikeringkan hingga kadar air $\leq 10\%$, KTKOH.

Aktivasi KTK dengan H_3PO_4 perlakuan sama dengan aktivasi KOH

hanya saja tidak ada penambahan HCl untuk netralisasi, KTK H_3PO_4 .

2.2.3. Aktivasi Fisika

KTKOH diletakkan dalam cawan porselin kemudian dimasukkan dalam *furnace*. Setting *furnace* 2 Jam suhu 500°C dan pemanasan dilakukan dari 30 ke 100°C , 200 - 500°C . Pada saat *indicator furnace* 500°C ditahan 2 jam dilanjutkan penurunan secara perlahan hingga 30°C . Hasil aktivasi fisika dimasukkan dalam deksikator kemudian dicuci hingga tidak ada lagi zat melayang dan air pencucian jernih. Karbon dikeringkan pada suhu 105 - 110°C , kadar air $\pm 10\%$, KTKOH500.

Proses diulangi KTKOH suhu 600 , 700 , 800 dan 900°C , serta KTK H_3PO_4 700°C . Kode sampel KTKOH600, KTKOH700, KTKOH800, KTKOH900, & KTK H_3PO_4 700.

2.2.4. Isotherm Adsorpsi Methyelen Blue

Methylene Blue (MB) dengan enam (6) konsentrasi ($60 - 200$) ppm. Masing-masing MB dimasukkan 50 ml dan KTK 0.25 g ke erlemeyer 100 ml. Ke enam diletakkan di orbit shaker, diatur kecepatan 220 rpm dan waktu 90 menit. Hasil adsorpsi disentrifuge 2 - 5 menit dan disaring untuk memisahkan adsorben dan larutan. Filtrat diukur absorbansi menggunakan UV-VIS Panjang gelombang 662 nm.

Proses diulangi untuk KTKOH, KTKOH500, KTKOH600, KTKOH700, KTKOH800 dan KTKOH900.

2.3 Analisis Data

Data pengujian filtrat berupa absorbansi Methylene Blue untuk konsetrasi $1,2,3,4,5$

dan 6 ppm. Nilai absorbansi dikonversi ke konsentrasi (C) menggunakan Persamaan Lang Bergen dari kurva standar.

$$\text{Abs} = 0.00222 \times C \dots (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja adsorben ditentukan dengan kapasitas adsorpsi maksimum (q_m) dan luas permukaan untuk KTK, KTKOH dan KTKOH variasi suhu aktivasi. Kapasitas maksimum adsorpsi didapatkan dengan persamaan Langmuir, (Saruchi and Vaneet Kumar, 2019) pada Persamaan (2)

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{q_m} + \frac{1}{K_L^* q_m} \dots (2)$$

q_m adalah kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g) dan K_L (L/mg) merupakan konstanta adsorpsi langmuir. q_e merupakan jumlah adsorbat terserap per massa adsorben (mg/g), C_o dan C_e adalah konsentrasi awal dan konsentrasi adsorbat pada keadaan setimbang (mg/L).

Nilai q_e didapatkan dari Persamaan (3), Omari H, et al., (2019) dan Benjelloun M, et al., (2021).

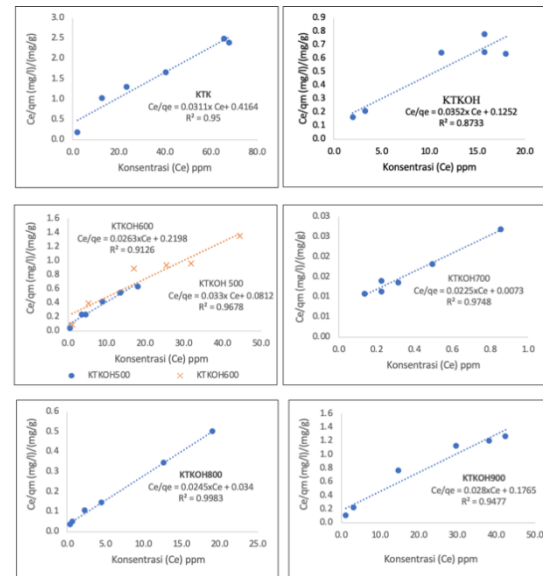
$$q_e = \left(\frac{C_o - C_e}{m} \right) \times V \dots (3)$$

V yaitu volume adsorbat (L) dan m yakni berat adsorben dalam adsorpsi (g)

Data hasil pengukuran absorbansi yang dikonversi menjadi konsentrasi (C_o dan C_e) dengan persamaan kurva standar.

Nilai C_e dan q_e selanjutnya berdasarkan Regresi linier pada Persamaan (1) dibuat grafik hubungan C_e terhadap C_e/q_e ditunjukkan pada

Gambar 1. Nilai q_m dari 1/slope dan K_L yaitu Slope/intercept. Hasil perhitungan dan koefisien korelasi (R^2) ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Hubungan C_e Terhadap C_e/q_e

Tabel 1. Konstanta Langmuir (q_m dan K_L)

Variabel Penelitian (Kode)	Konstanta Langmuir		
	Kapasitas Adsorpsi Maksimum (q_m) mg/g	Konstanta K_L (L/mg)	Koefisien Korelasi R^2
KTK	32.2042	0.0746	0.9500
KTKOH	28.4315	0.2809	0.8733
KTKOH500	30.3291	0.4063	0.9678
KTKOH600	37.9953	0.1088	0.9126
KTKOH700	44.4660	3.0734	0.9748
KTKOH800	40.8335	0.7199	0.9983
KTKOH900	35.0984	0.1587	0.9477

Peningkatan suhu aktivasi pada KTKOH juga akan meningkatkan kapasitas adsorpsi maksimum (q_m) 500-700 °C dan mengalami penurunan pada suhu 800 – 900 °C. Hal ini mengindikasikan bahwa suhu aktivasi untuk KTKOH mengalami kerusakan $\geq 800^\circ\text{C}$ yakni kelebihan

pemanasan sehingga terjadi kerusakan pada pori sehingga ukuran pori lebih lebar. Pada suhu di atas 750 °C terjadi proses pengabuan dan penguapan zat volatil di suhu 900°C. Nilai Kapasitas adsorpsi maksimum tentu dipengaruhi oleh luas permukaan. Pengujian luas permukaan menggunakan AAS ANOVA jenis TouchWin Version 1.2x pada *relative pressure* (P/Po) 0.05-0.30. Nilai luas permukaan dengan metode BET ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Luas Permukaan KTK dan KTKOH, KTKOHT

No	Variabel Penelitian (Kode)	Luas Permukaan Metode BET (m ² /g)
1	KTK	166.21
2	KTKOH	148.59
3	KTKOH500	158.38
4	KTKOH600	206.14
5	KTKOH700	269.74
6	KTKOH800	268.78
7	KTKOH900	134.10

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2 bahwa kombinasi aktivasi kimia dan aktivasi fisika meningkatkan kapasitas adsorpsi maksimum (qm) dan luas permukaan. Kemampuan adsorben menyerap adsorbat seiring dengan bertambahnya pori sehingga luasannya meningkat. Peningkatan suhu aktivasi akan meningkatkan interaksi antara molekul adsorbat dan adsorben seperti ditunjukkan nilai KL pada Tabel 1. Menurut Kondapalli dkk, (2011) bahwa pada suhu aktivasi 900°C maka zat volatil diantara pori akan menguap, ukuran pori melebar sehingga jumlah pori adsorben berkurang, yang berpengaruh pada luas permukaan.

Handini Listryorini dkk., (2022) melaporkan bahwa aktivasi suhu kisaran 500-900 °C selama 120 menit adanya peningkatan bilangan iod untuk 500-800 °C dan menurun pada suhu 900 °C.

Aktivasi kimia selain basa juga dapat dilakukan menggunakan larutan asam dan H₃PO₄ konsentrasi 85%. Larutan ini memiliki kemampuan menyerap impuritas dan melarutkan zat pengotor yang menutupi adsorben. Penelitian yang dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa nilai iodium H₃PO₄ tinggi. Perbandingan aktivator asam dan basa yang diaktivasi fisika suhu 700°C bertujuan untuk mengetahui efisiensi, daya serap serta luas permukaan adsorben.

Tabel 3. Kapasitas Adsorpsi Maksimum KTK dan KTK Aktivasi

Variabel Penelitian (Kode)	Kapasitas Adsorpsi Maksimum (qm) mg/g	Konstanta K _L (L/mg)	Koefisien Korelasi R ²
KTK	32.2042	0.0746	0.9500
KTKOH	28.4315	0.2809	0.8733
KTKOH700	44.4660	3.0734	0.9748
KTKH ₃ PO ₄ 700	36.0030	0.1709	0.9738

Daya serap KTKH₃PO₄700 lebih rendah dari KTKOH700 namun lebih tinggi dari KTK dan KTKOH. Hal ini pertanda aktivasi mampu meningkatkan kinerja KTK meskipun nilai qmnya rendah. Tabel 4 menunjukkan bahwa luas permukaan aktivasi H₃PO₄ lebih tinggi dari KOH sehingga dapat disimpulkan bahwa ukuran pori juga bagian berpengaruh terhadap daya serap.

Tabel 4. Luas Permukaan KTK dan KTK Aktivasi

No	Variabel Penelitian (Kode)	Luas Permukaan Metode BET (m ² /g)
1	KTK	166.21
2	KTKOH700	269.74
3	KTKH ₃ PO ₄ 700	427.26

KESIMPULAN

1. Aktivasi Kimia dikombinasi suhu dapat meningkatkan kinerja adsorben
2. Optimasi proses aktivasi kimia KOH dan H₃PO₄ dengan suhu 700°C pada KTKOH700 dan KTKH₃PO₄700 yakni peningkatan kinerja adsorben.
3. KTKOH 700, qm 44.4660 mg/g dan luas permukaan 269.74 m²/g.
4. KTKH₃PO₄700, kapasitas adsorpsi maksimum (qm) 36.0030 mg/g dan A 427.26 m²/g

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang atas pendaan pada Hibah Penelitian Dasar Rekayasa (PDR) dan Teknik Kimia atas sarana dan prasana dalam penelitian ini. Tim Kluwak tetap semangat dan sukses, terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi Musfirah Adhar, Isma Ayu Ningsih Putri Zainal, Farham, Ida Adriani Idris, Haera Setiawati, Yuliani HR, 2022, Karakteristik Karbon Aktif Tempurung Kluwak (Pangium edule) Sebagai Adsorben Pada Penjerapan Methylene Blue, Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL), 4, (1):1-8
- Baunsele, A. B., & Missa, H. (2020). Kajian Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Sabut Kelapa. Akta Kimia Indonesia, 5(2),

76.<https://doi.org/10.12962/j25493736.v5i2.7791>

- Handini Listyorini, Dyah Indriya Lestari, dan Windi Zamrudly. 2022. "Studi Literature Pengaruh Aktivasi Fisika dan Kimia Terhadap Kualitas Karbon Aktif dari Limbah Pertanian dan Perkebunan." Distilasi, Jurnal Teknologi Separasi 432-443.
- Hardi, A. D., Joni, R., Syukri, S., & Aziz, H. (2020). Pembuatan Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Elektroda Superkapasitor. Jurnal Fisika Unand, 9(4), 479–486.
- Hind Omari, Ali Dehbi, Adil Lammini, and Abdelaziz Abdallaoui,. 2019. "Study of the Phosphorus Adsorption on the Sediments." Journal of Chemistry, Hindawi 1-10
- I, Langmuir. 1918. "The Adsorption of Gases on Plane Surfaces of Glass, Mica and Platinum." J.Am. Cheng.Soc 40: 1361-1403
- Kumar, Saruchi and Vaneet. 2019. "Adsorption Kinetics and Isotherms for removal of Rodamine B Dye and Pb+2 ions from Aqueous Solution by a Hybrid Ion Exchanger." Arabian Jurnal of Chemistry 12: 316-329
- Landiana Etni Laos dan Arkilaus Selan. 2016. Pemanfaatan Kulit Sigkong Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif.Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika. 1 (1). 32-36
- Mossfika, E., Syukri, & Aziz, H. 2020. Pembuatan Karbon Aktif dari Ampas Teh yang Diaktivasi dengan NaOH sebagai Material Elektroda Superkapasitor Preparation of Activated Carbon from Tea Waste by NaOH Activation as A Supercapacitor Material. Journal of Aceh Physics Society. 9(2). 42–47.
- Putra, K. E. A., Negara, D. N. K. P., & Kencanawati, C. I. P. K. (2018). Pengaruh Waktu Karbonisasi Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Bambu Swat (Gigantochloa verticillata). Ilmiah Teknik Desain Mekanika, 7(4), 335– 340.
- Srividya Kondapalli and Kaustubha Mohanty. 2011. Influence of Temperature on Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic Parameters of Biosorption of Cr (VI) onto Fish Scales

as Suitable Bio sorbent. Journal of Water Resource and Protection. 429-439

Yuliani HR, Elizabet Alwina, Isma Ayu Ningsih Putri Zainal, Ida Adriani Idris,Haera Setiadi, Andi Musfira Adhar, 2021, Methylene Blue Adsorption With KOH Activated Carbon From Kluwak Shell, Jurnal Kimia dan Rekayasa 2 (1): 1-8

Yuliani HR, Abigael Todingbu'a, Dewi Astuti Herawati, Haera Setiawati, Andi Musfira Adhar, Isma Ayu Ningsih Putri Zainal dan Ida Adriani Idris. 2023. "KOH Actuvator Concentration Study on Capacity and Surface Area of Kluwak Carbon for Methylene Blue Adsorption." Jurnal Kimia dan Rekayasa 3 (2): 46-53.

.

.