

# Adsorpsi Zat Warna Metil Jingga oleh Karbon Aktif dari Apu-Apu (*Salvinia molesta*): Kesetimbangan dan Termodinamika

Lidya Tesalonika<sup>1</sup>, Muhammad Hasanul Haq<sup>1</sup>, Risfa Aliya Al-Hadi<sup>1</sup>, Marvin Horale Pasaribu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya 73111, Indonesia

## Kata kunci

Adsorpsi, metil jingga, karbon aktif apu-apu, kesetimbangan, termodinamika.

## Abstrak

Tanaman apu-apu (*Salvinia molesta*) merupakan tumbuhan paku yang memiliki pertumbuhan yang cepat dan dapat mengganggu ekosistem perairan. Untuk mengurangi dampak negatif tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mempelajari kesetimbangan dan termodinamika adsorpsi zat warna metil jingga oleh karbon aktif dari tanaman apu-apu. Penelitian ini dilakukan dengan mengaktifkan karbon aktif dari tanaman apu-apu dengan konsentrasi basa NaOH 0,5 M dan 1 M. Uji termodinamika-kesetimbangan adsorpsi dilakukan dengan mereaksikan karbon aktif dengan metil jingga pada variasi konsentrasi 20, 40, 60, 80, 100, dan 120 ppm menggunakan metode batch. Konsentrasi akhir analit dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses adsorpsi mengikuti model isoterm Freundlich, dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,932 untuk konsentrasi NaOH 0,5 M dan 0,9714 untuk konsentrasi NaOH 1 M. Energi bebas Gibbs yang diperoleh sebesar 9,89 kJ/mol dan 15,3620 kJ/mol. Tetapan kesetimbangan adsorpsi yang diperoleh yaitu  $5,386 \times 10^{-3}$  mg/g dan  $2,086 \times 10^{-3}$  mg/g untuk adsorben karbon aktif teraktivasi NaOH 0,5 M dan 1 M berturut-turut. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi zat warna metil jingga oleh karbon aktif dari tanaman apu-apu merupakan jenis adsorpsi fisika.

## Keywords

Adsorption, Methyl Orange, *Salvinia molesta*'s Activated Carbon, equilibrium, thermodynamics

## Abstract

*Salvinia molesta* is a type of aquatic fern that has a rapid growth rate and can disrupt aquatic ecosystems. To reduce the negative impacts of this plant, this study was conducted to investigate the equilibrium and thermodynamics of the adsorption of methyl orange dye by activated carbon from *Salvinia molesta*. The study was conducted by activating activated carbon from *Salvinia molesta* with a concentration of 0.5 M and 1 M sodium hydroxide (NaOH). The equilibrium-thermodynamics adsorption test was performed by reacting activated carbon with methyl orange at a concentration of 20, 40, 60, 80, 100, and 120 ppm using a batch method. The final concentration of the analyte was analyzed using a UV-Vis spectrophotometer. The analysis results showed that the adsorption process followed the Freundlich isotherm model, with an R<sup>2</sup> value of 0.932 for a concentration of 0.5 M NaOH

and 0.9714 for a concentration of 1 M NaOH. The Gibbs free energy obtained was 9.89 kJ/mol and 15.3620 kJ/mol. The equilibrium adsorption constant obtained was  $5.386 \times 10^{-3}$  mg/g and  $2.086 \times 10^{-3}$  mg/g for the 0.5 M and 1 M NaOH activated carbon adsorbents, respectively. Based on these results, it can be concluded that the adsorption process of methyl orange dye by activated carbon from *Salvinia molesta* is a type of physical adsorption.

---

Sejarah Artikel

Diterima : 02/08/2024

Disetujui : 20/09/2024

Dipublikasi : 30/09/2024

---

Email korespondensi: [marvin.pasaribu@mipa.upr.ac.id](mailto:marvin.pasaribu@mipa.upr.ac.id)

© 2024 Bohr: Jurnal Cendekia Kimia. This work is licensed under a [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

---

## PENDAHULUAN

Zat warna merupakan salah satu polutan yang sering dijumpai di lingkungan, baik perairan maupun udara. Zat warna dapat berasal dari berbagai sumber, seperti industri tekstil, kertas, dan makanan. Zat warna yang masuk ke lingkungan dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti pencemaran air, gangguan ekosistem, dan kesehatan manusia [1], [2]. Zat warna metil jingga/orange (MO) merupakan zat warna azo yang banyak digunakan dalam industri tekstil, pencelupan, dan kertas. Namun, limbah zat warna MO dapat mencemari lingkungan, terutama perairan [3]. Salah satu metode untuk mengatasi pencemaran limbah zat warna MO adalah dengan adsorpsi menggunakan karbon aktif.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghilangkan zat warna dari lingkungan adalah dengan adsorpsi. Adsorpsi adalah proses perpindahan zat dari fase cair atau gas ke permukaan padatan. Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang banyak digunakan untuk adsorpsi zat warna. Karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar dan pori-pori yang luas, sehingga memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi, sehingga dapat menyerap zat-zat pencemar [4], termasuk zat warna MO. Karbon aktif dapat diperoleh dari berbagai sumber, salah satunya adalah tanaman apu-apu (*Salvinia molesta*).

Tanaman apu-apu (*Salvinia molesta*) merupakan salah satu tanaman

paku air yang banyak ditemukan di perairan Indonesia yang memiliki pertumbuhan yang cepat dan dapat mengganggu ekosistem perairan. Tanaman apu-apu memiliki kandungan lignin yang tinggi, sehingga dapat digunakan untuk menghasilkan karbon aktif. Karbon aktif dari tanaman apu-apu memiliki potensi untuk digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan zat warna dari lingkungan [5]. Karbon aktif dari tanaman apu-apu memiliki potensi untuk digunakan sebagai adsorben dalam adsorpsi zat warna MO.

Seiring dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi, pemanfaatan karbon aktif sebagai bahan penyerap zat warna telah banyak dilakukan dengan berbagai sumber bahan alam, beberapa penelitian yang telah dilakukan antara lain oleh Sari dkk (2019) melakukan penelitian penggunaan karbon aktif dari ampas tebu sebagai adsorben zat warna procion merah limbah cair industri songket. Kondisi optimum adsorpsi diperoleh pada waktu kontak 90 menit pada pH 5, serta mengikuti pola isotherm Langmuir dengan energi sebesar 4,35 KJ/mol [6]. Lantang dkk (2017) juga melakukan pemanfaatan karbon aktif dari limbah kulit pisang goroho (*Musa acuminata*) sebagai adsorben zat pewarna tekstil methylene blue, dimana adsorpsi diperoleh optimum pada waktu kontak 90 menit dengan aktivasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> lebih tinggi dibandingkan aktivasi dengan NaOH [7].

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kesetimbangan dan termodinamika adsorpsi zat warna metil jingga oleh karbon aktif dari tanaman apu-apu. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode adsorpsi isotherm, yaitu metode yang digunakan untuk menentukan hubungan antara konsentrasi zat warna dalam larutan dengan jumlah zat warna yang teradsorpsi pada permukaan adsorben pada kesetimbangan serta aspek termodinamika adsorpsi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang bermanfaat untuk pengembangan karbon aktif dari tanaman apu-apu sebagai adsorben untuk menghilangkan zat warna dari lingkungan.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Peralatan

Alat yang digunakan sebagai berikut gelas beaker, furnace, shaker, corong, neraca digital, spektrofotometer UV-Vis Safas Monaco, kertas saring, penyaring 100 mesh, *centrifuge*, pipet volume, pipet tetes, erlenmeyer, dan botol vial.

### Bahan

Bahan yang digunakan sebagai berikut sampel tanaman apu-apu (*Salvinia molesta*), akuades, NaOH, dan zat warna metil jingga.

## LANGKAH KERJA

### Preparasi Adsorben

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan sampel tanaman apu-apu (*Salvinia molesta*) dipotong dan dikeringkan selama  $\pm 3$  hari. Sampel kemudian dipanaskan dalam furnace pada suhu 200°C selama 1 jam hingga berubah menjadi karbon dan dihaluskan dengan mortar, kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 100 mesh untuk mendapatkan ukuran butiran 100 mesh sehingga diperoleh serbuk yang homogen.

## Pembuatan Karbon Aktif

Karbon tanaman yang telah halus dikeringkan kemudian diaktivasi dengan perendaman dalam larutan NaOH dengan konsentrasi 0,5 M dan 1 M selama  $\pm 24$  jam dengan rasio perbandingan 1:10. Selanjutnya dilakukan penyaringan, endapan dicuci dengan aquades sampai pH 6-7 dan dikeringkan pada suhu 100°C selama 2 jam.

## Uji Adsorpsi Karbon Aktif Pada Metil Jingga

Langkah awal dilakukan dengan memasukkan 0,02 gram karbon aktif teraktivasi 0,5 M NaOH ke dalam botol yang berisi 20 mL larutan metil jingga dengan variasi konsentrasi 20, 40, 60, 80, 100, dan 120 ppm pada pH 7. Reaksi adsorpsi dilakukan dengan metode *batch* dimana campuran tersebut diaduk menggunakan shaker pada kecepatan 300 rpm selama 1 jam. Setelah itu, dilakukan sentrifugasi filtrat dan endapan dengan kecepatan 3.500 rpm selama 15 menit. Adsorbansi dari filtrat yang diperoleh diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 464 nm dan nilai absorbansi dicatat untuk menentukan konsentrasinya. Proses ini diulangi dengan menggunakan karbon aktif teraktivasi 1 M NaOH untuk langkah yang sama.

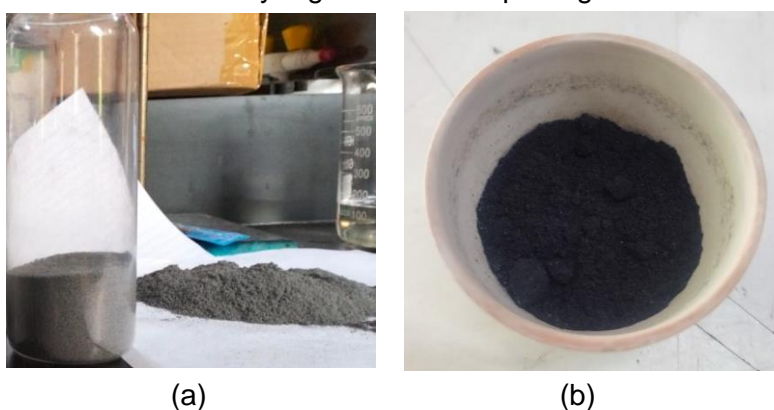
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pembuatan Karbon Aktif

Pembuatan adsorben karbon aktif dari tanaman apu-apu melalui dua tahap yakni preparasi dan aktivasi. Tahap preparasi yaitu proses karbonasi dimana tanaman apu-apu di bakar pada suhu 200°C dengan tujuan agar terurai menjadi unsur karbon dan zat-zat lain. Unsur karbon akan membentuk karbon, sedangkan zat-zat lain akan menguap, kemudian dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh, proses pengayakan ini dimaksudkan agar mendapatkan adsorben dengan luas

partikel yang seragam, dimana ukuran partikel yang seragam akan memudahkan proses adsorpsi dan meningkatkan efisiensi proses [8]. Selanjutnya dilakukan proses aktivasi dimana proses ini merupakan hal yang penting dalam proses pembuatan karbon aktif. Melalui proses aktivasi karbon akan memiliki kinerja yang baik dalam proses adsorpsi nantinya. Karbon hasil karbonisasi biasanya masih mengandung zat-zat yang menutupi pori-pori permukaan karbon. Zat-zat yang

menutupi permukaan pori karbon akan dihilangkan dengan menggunakan aktivator basa seperti natrium hidroksida (NaOH) dengan konsentrasi 0,5 M dan 1 M. Penggunaan NaOH sebagai agen aktivator dapat melarutkan pengotor-pengotor yang berada dipermukaan pori karbon sehingga pori-pori yang terbentuk lebih banyak sehingga proses penyerapan adsorbat menjadi maksimal [9]. Karbon yang belum dan sudah diaktivasi dapat dilihat pada gambar 1a dan 1b.

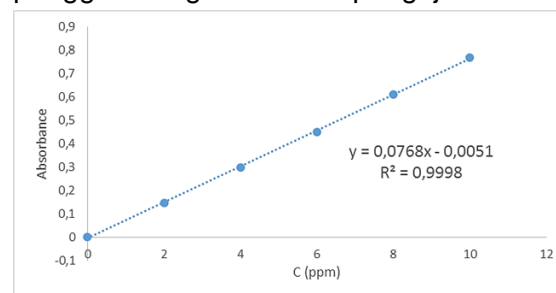


**Gambar 1.** Karbon dari tanaman Apu-apu (*Salvinia molesta*) sebelum aktivasi NaOH (a), dan setelah aktivasi NaOH (b).

### B. Kurva Standar Zat Metil Jingga

Kurva kalibrasi standar zat warna metil jingga merupakan salah satu hal yang penting dalam penentuan nilai konsentrasi akhir ( $C_e$ ) dari zat warna metil orange nantinya. Kurva standar larutan metil orange dibuat dengan membuat beberapa larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya [10], [11]. Pembuatan kurva kalibrasi zat warna metil jingga dilakukan dengan menyiapkan larutan standar zat warna dengan konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm. Larutan standar tersebut kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 464 nm. Data absorbansi dan konsentrasi larutan standar kemudian diplotkan dalam bentuk grafik. Berdasarkan kurva standar metil jingga didapatkan yakni  $y = 0,07682x - 0,00514$  dengan nilai koefisien determinasi

$R^2$  sebesar 0,99989 seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Hal ini menunjukkan bahwa nilai koefisien determinasi yang diperoleh baik karena nilai  $R^2$  mendekati 1. Nilai koefisien determinasi menunjukkan kelayakan penggunaan grafik dalam pengujian.

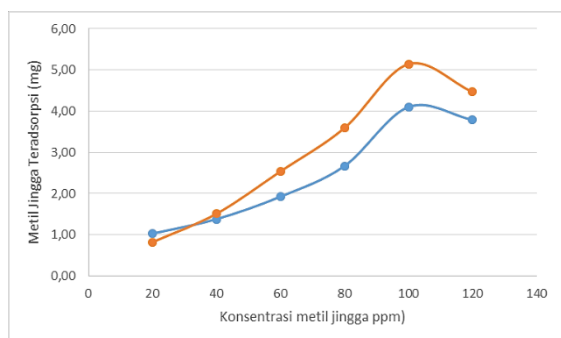


**Gambar 2.** Kurva kalibrasi metil jingga.

### C. Penentuan Konsentrasi optimal Adsorpsi

Konsentrasi zat warna metil jingga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kinetika adsorpsi.

Konsentrasi awal zat warna akan mempengaruhi jumlah molekul zat warna yang teradsorpsi pada permukaan adsorben. Dalam penelitian ini, variasi konsentrasi zat warna metil jingga yang digunakan adalah 20, 40, 60, 80, 100, dan 120 ppm. Penentuan konsentrasi optimal dilakukan pada pH = 7 dan waktu kontak 60 menit. Hasil penentuan konsentrasi optimal dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik hubungan antara variasi konsentrasi dengan efisiensi adsorpsi zat warna metil jingga dengan karbon aktif teraktivasi NaOH 0,5 M (a) dan NaOH 1 M (b).

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh konsentrasi optimum



(a)



(b)

**Gambar 4.** Hasil adsorbansi karbon aktif apu-apu aktivasi NaOH 0,5 M (a) dan NaOH 1 M (b) dan terhadap zat warna metil jingga.

Kurang optimalnya hasil penyerapan zat warna metil jingga pada adsorben karbon aktif tanaman apu-apu teraktivasi NaOH ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu belum dilakukannya optimasi pH, suhu, dan juga waktu adsorbansi. pH larutan dapat memiliki pengaruh signifikan dalam proses adsorpsi, terutama pada

penyerapan zat warna metil jingga pada adsorben karbon aktif tanaman apu-apu teraktivasi NaOH maksimal pada konsentrasi 100 ppm dengan adsorpsi maksimal metil jingga mencapai 4,10 mg dan 5,14 mg pada konsentrasi NaOH 0,5 M dan 1 M berturut-turut. Perbedaan nilai adsorpsi ini menunjukkan bahwa aktivasi karbon aktif dengan menggunakan NaOH 1 M lebih baik dibandingkan dengan NaOH 0,5 M, hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya pengotor yang dapat dihilangkan pada proses aktivasi yang menyebabkan jumlah pori untuk proses adsorpsi pada permukaan adsorben semakin meningkat [12]. Titik optimum adsorpsi adalah titik di mana proses adsorpsi mencapai tingkat maksimum atau kapasitas penyerapan tertinggi oleh bahan adsorben terhadap zat yang diadsorpsi. Pada konsentrasi 100-120 ppm terjadi penurunan adsorpsi, hal ini dikarenakan komposit sudah dalam keadaan setimbang dimana permukaan bahan adsorben telah jenuh sehingga tidak mampu lagi untuk menyerap konsentrasi zat warna metil jingga yang lebih tinggi. Hasil adsorpsi zat warna metil jingga oleh karbon aktif ditunjukkan pada gambar 4 dibawah ini.

bahan adsorben yang memiliki permukaan yang dapat terionisasi atau memiliki grup fungsional yang sensitif terhadap perubahan pH. Perubahan pH dapat mempengaruhi keseimbangan kimia antara berbagai spesies kimia dalam larutan yang kemudian akan

mempengaruhi daya serapnya pada bahan adsorben [13].

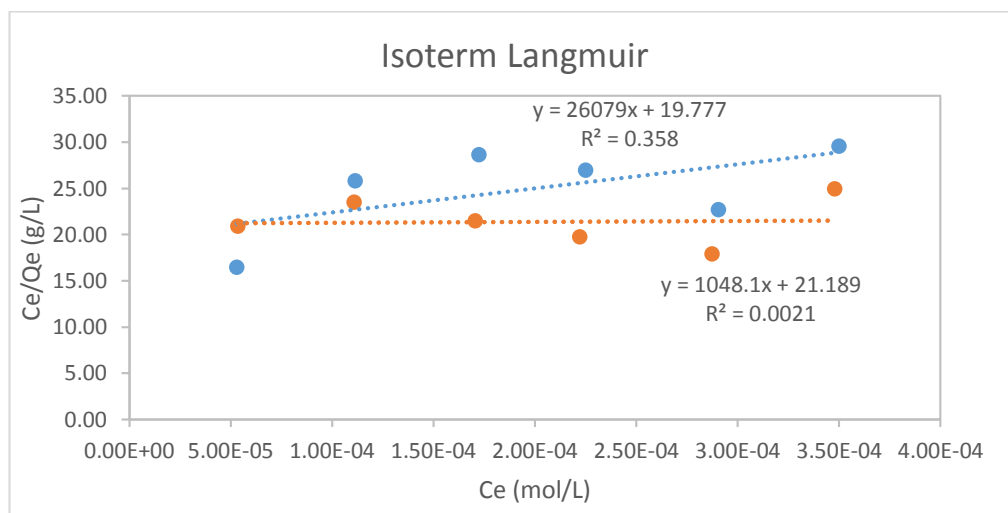
Setelah itu suhu juga merupakan faktor penting dalam proses adsorpsi. Pada suhu yang lebih tinggi, seringkali kapasitas adsorpsi dari bahan adsorben dapat meningkat karena energi termal yang lebih tinggi membuat molekul zat yang diadsorpsi lebih mudah bergerak dan menempel di permukaan bahan adsorben dan suhu juga mempengaruhi kesetimbangan antara fase gas, cair, atau padat dalam proses adsorpsi. Secara termodinamika, perubahan suhu dapat memengaruhi nilai energi bebas Gibbs yang memengaruhi kecenderungan zat untuk diadsorpsi atau didesorpsi dari permukaan bahan adsorben [14]. Waktu juga mempengaruhi stabilitas adsorpsi, yaitu seberapa kuat ikatan antara zat yang diadsorpsi dengan permukaan bahan adsorben. Pada beberapa kasus, waktu kontak yang lebih lama dapat meningkatkan ikatan antara molekul yang diadsorpsi dan bahan adsorben.

#### **D. Penentuan Kesetimbangan dan Termodinamika Adsorpsi**

Penentuan model isoterm adsorpsi dilakukan untuk memahami proses dan

mekanisme adsorpsi zat warna metilen jingga. Dalam penelitian ini, dua model isoterm yang digunakan adalah isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Penentuan model persamaan isoterm diperoleh dengan menggunakan variasi konsentrasi metilen jingga, yaitu 20, 40, 60, 80, 100, dan 120 ppm pada pH 7 dan waktu kontak selama  $\pm 60$  menit.

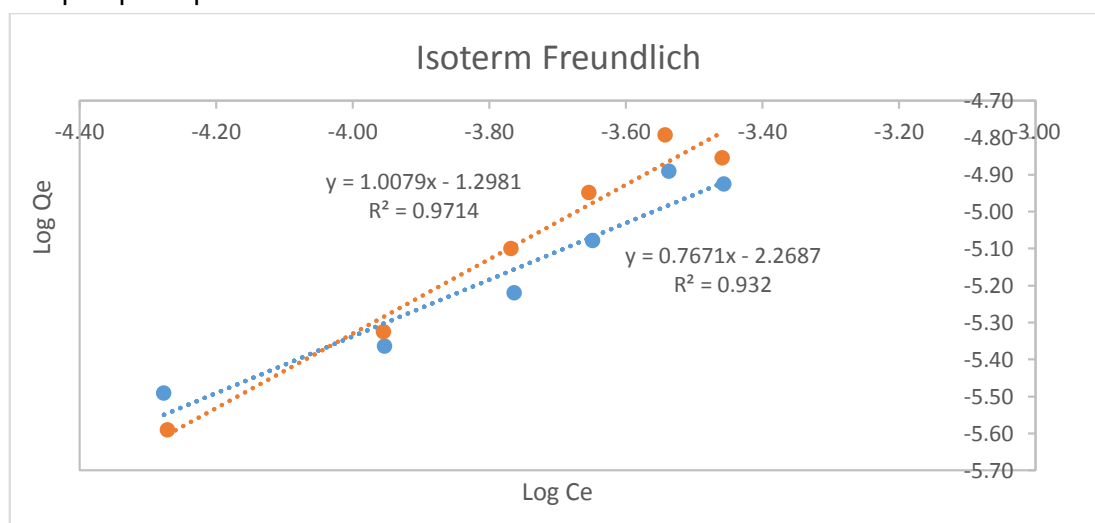
Isoterm Langmuir merupakan model isoterm yang menggambarkan proses adsorpsi terjadi pada lapisan satu lapis dan bersifat homogen pada permukaan situs aktif yang mengikat pada permukaan adsorben. Isoterm Langmuir diperoleh dengan memplotkan nilai  $C$  dan  $C/Q$ , di mana  $C$  adalah nilai konsentrasi akhir metilen jingga dan  $C/Q$  adalah nilai konsentrasi akhir dibagi dengan banyaknya zat yang teradsorpsi. [15]. Grafik penentuan model isoterm Langmuir untuk adsorben karbon aktif apu-apu terhadap zat warna metil jingga dapat dilihat pada Gambar 5. Grafik yang dihasilkan merupakan hasil analisis linear data eksperimental sampel karbon aktif dengan model isoterm Langmuir. Garis lurus yang dihasilkan dari sampel karbon aktif aktivasi 0,5 M dan 1 M NaOH memiliki nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) berturut-turut sebesar 0,358 dan 0,0021.



**Gambar 5.** Model isoterm langmuir adsorpsi zat warna metil jingga oleh karbon aktif apu-apu aktivasi NaOH 0,5 M (a) dan NaOH 1 M (b).

Isoterm Freundlich merupakan model isoterm adsorpsi yang menggambarkan kemampuan adsorben untuk menyerap zat terlarut. Model isoterm ini didasarkan pada asumsi bahwa adsorpsi terjadi secara tidak ideal pada permukaan heterogen, di mana lebih dari satu lapisan zat terlarut dapat teradsorpsi pada permukaan adsorben. Hal ini menyebabkan energi ikatan antara zat terlarut dan adsorben dapat bervariasi pada tiap-tiap sisi permukaan.

Pengujian menggunakan dua model isoterm ini dilakukan untuk menentukan kapasitas adsorpsi ( $q_e$ ) dan energi adsorpsi ( $n$ ) yang sesuai dengan hasil penelitian ini. Penentuan isoterm Freundlich dilakukan dengan menghubungkan nilai logaritma konsentrasi ( $\log C$ ) dan nilai logaritma jumlah zat terlarut yang teradsorpsi ( $\log q$ ). [16], [17]. Penentuan isoterm Freundlich dapat dilihat pada gambar 6.



**Gambar 6.** Model isoterm Freundlich adsorpsi zat warna metil jingga oleh karbon aktif apu-apu aktivasi NaOH 0,5 M (a) dan NaOH 1 M (b).

Berdasarkan hasil analisis kurva isoterm Freundlich (Gambar 6), sampel karbon aktif menunjukkan linieritas yang

baik dengan persamaan  $y = 0,7671x - 2,2687$  untuk NaOH 0,5 M dan  $y = 1,0079x - 1,2981$  untuk NaOH 1 M. Hal ini

ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang tinggi, yaitu 0,932 dan 0,9714. Perbandingan data model isoterm Langmuir dan Freundlich (tabel 1) menunjukkan bahwa adsorben karbon aktif yang dihasilkan dari aktivasi NaOH 0,5 M dan 1 M lebih sesuai dengan model isoterm Freundlich. Hal ini ditunjukkan oleh nilai  $R^2$  yang lebih tinggi pada model isoterm Freundlich, yaitu 0,932 dan 0,9714,

dibandingkan dengan nilai  $R^2$  pada model isoterm Langmuir, yaitu 0,513 dan 0,692. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa adsorpsi zat warna metil orange pada adsorben karbon aktif terjadi pada lapisan multilayer dan heterogen. Hal ini sesuai dengan model isoterm Freundlich yang menyatakan bahwa adsorpsi terjadi pada lapisan multilayer dan heterogen.

**Tabel 1.** Data Persamaan Model Isoterm Adsorpsi aktivasi NaOH.

NaOH (Molar)	Langmuir				Freundlich				
	B (mg/g)	K (L/mol)	E (kJ/mol)	$R^2$	$K_f$ (mg/g)	n	B (mg/g)	E (kJ/mol)	$R^2$
0,5	12,551	1318,5	17,74	0,358	$5386 \times 10^{-3}$	1,304	$4,836 \times 10^{-3}$	9,89	0,932
1,0	0,000	0,00	9,63	0,0021	$2,086 \times 10^{-3}$	0,000	$2,102 \times 10^{-3}$	15,362	0,9714

Keterangan:  
 B = Kapasitas adsorpsi  
 K = Konstanta adsorpsi  
 E = Energi adsorpsi  
 $R^2$  = Regresi linear  
 $K_f$  = Konstanta Freundlich  
 n = Ketetapan Empiris

Kespontanitasan reaksi adsorpsi zat warna metil orange pada adsorben karbon aktif dapat ditentukan dengan menghitung nilai Energi Bebas Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) pada keadaan setimbang. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai  $\Delta G^\circ$  yang diperoleh pada isoterm Freundlich sebesar 9,89 kJ/mol pada aktivasi NaOH 0,5 M dan 15,3620 kJ/mol untuk NaOH 1 M. Nilai  $\Delta G^\circ$  yang negatif menunjukkan bahwa reaksi adsorpsi berlangsung secara spontan. Nilai  $\Delta G^\circ$  yang lebih kecil menunjukkan bahwa reaksi adsorpsi berlangsung lebih spontan. Berdasarkan nilai  $\Delta G^\circ$  tersebut, dapat disimpulkan bahwa ikatan antara adsorben dan adsorbat cenderung bersifat fisik. Hal ini karena nilai  $\Delta G^\circ$  yang diperoleh berada di bawah 20 kJ/mol [18]. Berdasarkan nilai energi ikatan adsorpsi, dapat disimpulkan bahwa adsorpsi pada percobaan ini merupakan adsorpsi fisika. Adsorpsi fisika ditandai dengan energi ikatan yang relatif rendah, sehingga adsorbat dengan mudah dapat diadsorpsi oleh adsorben. Dalam

percobaan ini, adsorben yang digunakan memiliki energi ikatan yang rendah, sehingga adsorbat dapat diadsorpsi dengan lebih mudah. Adsorpsi fisika bersifat reversibel, artinya molekul-molekul adsorbat dapat dilepaskan kembali ke fase gas atau larutan cair dengan relatif mudah [19], [20].

## KESIMPULAN

Penyerapan zat warna metil jingga oleh karbon aktif dari tanaman apu-apu (*Salvinia molesta*) teraktivasi NaOH telah dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyerapan tersebut optimum pada konsentrasi metil jingga 100 ppm. Kesetimbangan adsorpsi mengikuti model isoterm Freundlich dengan nilai  $R^2$  yang tinggi (0,932 dan 0,9714), yang menunjukkan bahwa model tersebut dapat digunakan untuk memprediksi penyerapan zat warna metil jingga oleh karbon aktif. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa adsorpsi zat warna metil jingga oleh karbon



aktif merupakan jenis adsorpsi fisika. Hal ini ditunjukkan oleh nilai energi bebas Gibbs yang rendah (9,89 kJ/mol dan 15,3620 kJ/mol), yang mengindikasikan bahwa interaksi antara molekul padat-cair karbon aktif dengan zat warna terjadi dengan gaya yang rendah, seperti gaya Van der Waals dan gaya London. Nilai tetapan kesetimbangan adsorpsi yang diperoleh adalah  $5,386 \times 10^{-3}$  mg/g dan  $2,086 \times 10^{-3}$  mg/g untuk konsentrasi aktivasi NaOH 0,5 M dan 1 M, berturut-turut. Nilai ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi aktivasi NaOH menyebabkan peningkatan kapasitas adsorpsi karbon aktif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. S. Kumar, S. Ramalingam, and K. Sathishkumar, "Removal of methylene blue dye from aqueous solution by activated carbon prepared from cashew nut shell as a new low-cost adsorbent," *Korean Journal of Chemical Engineering*, vol. 28, no. 1, pp. 149–155, Jan. 2011, doi: 10.1007/s11814-010-0342-0.
- [2] M. H. Pasaribu, K. Karelius, E. P. Ramdhani, R. Agnestisia, Z. Pereiz, and E. P. Toepak, "Synthesis of Mil-100(Fe)@Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Composite using Zircon Mining Magnetic Waste as an Adsorbent for Methylene Blue Dye," *BIO Web of Conferences*, vol. 70, p. 02010, 2023, doi: 10.1051/bioconf/20237002010.
- [3] U. O. Aroke, R. O. Momoh, L. A. Jerome Hamidu, and U. Buhari, "Removal of Azo Dye Methyl Orange in Aqueous Solution by Kaolinite Clay: Equilibrium Isotherms, Kinetics and Error Analyses," *Saudi Journal of Engineering and Technology*, vol. 5, no. 11, pp. 422–433, Nov. 2020, doi: 10.36348/sjet.2020.v05i11.005.
- [4] B. Sutrisno, A. Hidayat, and M. Zahrul, "Modifikasi Limbah Abu Layang menjadi Adsorben untuk Mengurangi Limbah Zat Warna pada Industri Tekstil," *Chemica*, vol. 1, no. 2, pp. 57–66, 2014.
- [5] N. F. Rosyidah and F. Rachmadiarti, "Salvinia molesta as Zinc (Zn) Heavy Metal Phytoremediation Agents in the Water," *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, vol. 12, no. 3, pp. 430–438, 2023, doi: 10.26740/lenterabio.v12n3.p430-438.
- [6] M. F. P. Sari, P. Loekitowati, and R. Mohadi, "Penggunaan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Zat Warna Procion Merah Limbah Cair Industri Songket," *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, vol. 7, no. 1, pp. 37–40, 2017, doi: 10.19081/jpsl.2017.7.1.37.
- [7] A. C. Lantang, J. Abidjulu, and H. F. Aritonang, "Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Pisang Goroho (Musa acuminata) Sebagai Adsorben Zat Pewarna Tekstil Methylene Blue," *Jurnal MIPA*, vol. 6, no. 2, p. 55, Oct. 2017, doi: 10.35799/jm.6.2.2017.17759.
- [8] C. Irawan, A. Purwanti, and N. Norhasanah, "Adsorpsi Logam Timbal Secara Batch dan Kontinu Menggunakan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit," *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, vol. 4, no. 2, p. 267, Dec. 2019, doi: 10.31544/jtera.v4.i2.2019.267-276.
- [9] M. R. Adinata, "Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Sebagai Karbon Aktif," *Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Sebagai Karbon Aktif*, 2013.
- [10] M. Lempang, "Pembuatan dan Kegunaan Karbon Aktif," *Jurnal Info*

- Teknis EBONI*, vol. 11, no. 2, pp. 65–80, 2014.
- [11] M. T. Sembiring and T. S. Sinaga, "Arang Aktif (Pengenalan Dan Proses Pembuatannya)," *USU Digital Library*, pp. 1–9, 2003.
- [12] H. Alfiany, S. Bahri, and N. Nurakhirawati, "Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam," *Natural Science: Journal of Science and Technology*, vol. 2, no. 3, pp. 75–86, 2013.
- [13] E. Kurniati, "Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Arang Aktif," *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, vol. 8, no. 2, pp. 96–103, 2008.
- [14] T. Kopac, K. Bozgeyik, and J. Yener, "Effect of pH and temperature on the adsorption of bovine serum albumin onto titanium dioxide," *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 322, no. 1–3, pp. 19–28, Jun. 2008, doi: 10.1016/j.colsurfa.2008.02.010.
- [15] N. S. S. Miri and Narimo, "Review : Kajian Persamaan Isoterm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe ( II ) dengan Zeolit dan Karbon Aktif dari Biomassa," *Jurnal Kimia dan Rekayasa*, vol. 2, no. 2, pp. 58–71, 2022.
- [16] A. Proctor and J. F. Toro-Vazquez, "The Freundlich Isotherm in Studying Adsorption in Oil Processing," *Bleaching and Purifying Fats and Oils: Theory and Practice*, vol. 73, no. 12, pp. 209–219, 2009, doi: 10.1016/B978-1-893997-91-2.50016-X.
- [17] R. J. Umpleby, S. C. Baxter, M. Bode, J. K. Berch, R. N. Shah, and K. D. Shimizu, "Application of the Freundlich adsorption isotherm in the characterization of molecularly imprinted polymers," *Analytica Chimica Acta*, vol. 435, no. 1, pp. 35–42, 2001, doi: 10.1016/S0003-2670(00)01211-3.
- [18] M. H. Pasaribu, K. Karelius, E. P. Ramdhani, R. Agnestisia, Z. Perez, and E. P. Toepak, "Synthesis of Mil-100(Fe)<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Composite using Zircon Mining Magnetic Waste as an Adsorbent for Methylene Blue Dye ," *BIO Web of Conferences*, vol. 70, p. 02010, 2023, doi: 10.1051/bioconf/20237002010.
- [19] L. H. Rahayu, S. Purnavita, and H. Y. Sriyana, "Potensi Sabut dan Tempurung Kelapa sebagai Adsorben untuk meregenerasi Minyak Jelantah," *Momentum*, vol. 10, no. 1, pp. 47–53, 2014.
- [20] S. Jamilatun and M. Setyawan, "Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair," *Spektrum Industri*, vol. 12, no. 1, p. 73, 2014, doi: 10.12928/si.v12i1.1651.