

Model Isoterm Adsorpsi Langmuir Pada Analisis Daya Serap Iodium

Devy Cendekia¹, Dian Ayu Afifah^{2*}

¹ Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Politeknik Negeri Lampung

² Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Politeknik Negeri Lampung
devycendekia@polinela.ac.id, dianayu@polinela.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Diterima 23 Juni 2023
Direvisi 11 Desember 2023
Diterbitkan 27 Desember 2023

Kata kunci:

isoterm langmuir, iodium,
karbon aktif, adsorpsi,
adsorbe

ABSTRAK

Analisis daya serap iodium dimanfaatkan sebagai salah satu analisis dalam menentukan kualitas adsorben sebelum pengaplikasiannya. Analisis ini mampu mengidentifikasi jumlah adsorbat maksimal yang dapat diikat suatu adsorben. Selain itu, data analisis daya serap iodium dapat pula menjelaskan mekanisme proses adsorpsi yang berlangsung pada suatu adsorbat melalui model isoterm adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorben melalui model isoterm adsorpsi. Pada penelitian ini diperoleh nilai serapan iodium pada adsorben semakin meningkat dengan semakin rendahnya konsentrasi iodium. Konsentrasi iodium paling rendah sebesar 0,025 N dapat terserap paling besar dengan nilai 81%. Data analisis daya serap iodium yang diperoleh kemudian direpresentasikan melalui model isoterm Langmuir. Berdasarkan data eksperimen koefisien korelasi (R^2) pada model isoterm Langmuir memiliki nilai $R^2 = 0,945$. Sehingga model ini dapat digunakan untuk menjelaskan mekanisme adsorpsi pada analisis daya serap iodium. Melalui model adsorpsi ini, dapat diketahui mekanisme adsorpsi yang berlangsung dan kapasitas maksimal adsorbat yang teradsorpsi. Berdasarkan model isoterm Langmuir, analisis daya serap iodium melalui mekanisme penyerapan monolayer. Mekanisme adsorpsi yang terjadi adalah laju adsorpsi yang sebanding dengan fraksi situs kosong yang ada pada karbon bersama dengan konsentrasi iodium dalam larutan. Iodium dapat teradsorpsi maksimal sebesar 0,58 mg.g⁻¹. Dengan kata lain, model isoterm adsorpsi Langmuir dapat digunakan dalam analisis daya serap iodium sebagai model yang menjelaskan jumlah maksimal adsorbat yang terikat dan mekanisme adsorpsi yang berlangsung selama analisis.

LANGMUIR ADSORPTION ISOTHERM MODEL IN IODIUM ABSORPTION ANALYSIS

ARTICLE INFO

Received June 23, 2023
Revised December 11, 2023
Published December 27, 2023

Keyword:

langmuir isotherm, iodine,
activated carbon, adsorption,
adsorbent

ABSTRACT

Analisis daya serap iodium dimanfaatkan sebagai salah satu analisis dalam menentukan kualitas adsorben sebelum pengaplikasiannya. Analisis ini mampu mengidentifikasi jumlah adsorbat maksimal yang dapat diikat suatu adsorben. Selain itu, data analisis daya serap iodium dapat pula menjelaskan mekanisme proses adsorpsi yang berlangsung pada suatu adsorbat melalui model isoterm adsorpsi. Sehingga dapat dimanfaatkan sebagai analisis awal dalam pembuatan media adsorpsi sintesis. Pada penelitian ini diperoleh nilai serapan iodium pada adsorben semakin meningkat dengan semakin rendahnya konsentrasi iodium. Konsentrasi iodium paling rendah sebesar 0,025 N dapat terserap paling besar dengan nilai 81%. Data analisis daya serap iodium yang diperoleh kemudian direpresentasikan melalui model isoterm Langmuir. Berdasarkan data eksperimen koefisien korelasi (R^2) pada model isoterm Langmuir memiliki nilai $R^2 = 0,945$. Sehingga model ini dapat digunakan untuk menjelaskan mekanisme adsorpsi pada analisis daya serap iodium. Melalui model adsorpsi ini, dapat diketahui mekanisme adsorpsi yang berlangsung dan kapasitas maksimal adsorbat yang teradsorpsi. Berdasarkan model isoterm Langmuir, analisis daya serap

iodium melalui mekanisme penyerapan monolayer. Mekanisme adsorpsi yang terjadi adalah laju adsorpsi yang sebanding dengan fraksi situs kosong yang ada pada karbon bersama dengan konsentrasi iodium dalam larutan. Iodium dapat teradsorpsi maksimal sebesar sebesar 0,58 mg g⁻¹. Dengan kata lain, model isotherm adsorpsi Langmuir dapat digunakan dalam analisis daya serap iodium sebagai model yang menjelaskan jumlah maksimal adsorbat yang terikat dan mekanisme adsorpsi yang berlangsung selama analisis.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



1. PENDAHULUAN

Analisis daya serap iodium merupakan salah satu analisis yang digunakan untuk mengetahui mutu suatu adsorben, Angka iodium yang muncul dari suatu produk adsorben dapat menjadi acuan dalam pengaplikasian sebagai media absorpsi polutan dalam limbah. Angka iodium yang muncul dalam analisis ini akan menjadi indikasi awal dalam menentukan daya adsorpsi suatu adsorben. Angka iod merupakan besaran angka atau kemampuan adsorben dapat mengadsorpsi iod yang berperan sebagai adsorbat. Semakin besar nilai angka iod maka semakin besar pula daya adsorpsi dari adsorben [1]

Analisis daya serap iodium menunjukkan kemampuan adsorben menyerap zat dengan ukuran molekul yang lebih kecil dari 0,1 nanometer atau memberikan indikasi jumlah pori yang berdiameter 10-15 nanometer. Semakin tinggi daya serap iodium maka semakin baik kualitas adsorben tersebut [2]. Tingginya nilai daya serap iodium dapat mengindikasikan adanya permukaan adsorben yang lebih bermuatan positif, sehingga akancenderung menyerap senyawa organik yang bermuatan negatif [3]. Pengukuran daya serap iodium dalam penelitian ini dilakukan dengan metode titrasi Iodimetri menggunakan larutan natrium tiosulfat. Larutan iodium berfungsi sebagai adsorbat yang akan diserap oleh adsorben. Oleh karena itu, metode analisis ini dapat dijadikan salah satu upaya pengendalian mutu kualitas adsorben sebagai media absorpsi limbah.

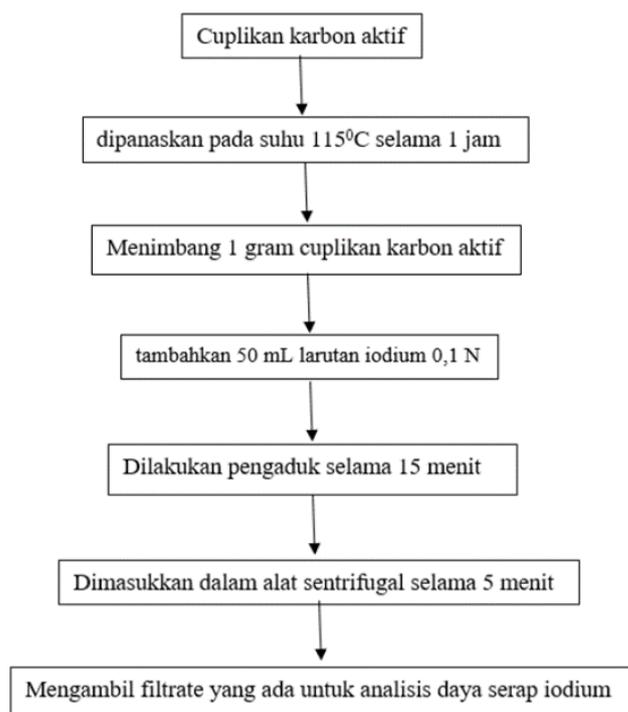
Dalam pemanfaatan adsorben sebagai media adsorpsi limbah, adsorben umumnya dimodifikasi dengan suatu gugus organik untuk meningkatkan nilai daya serap iodium. Sehingga diperlukan model isotherm adsorpsi untuk dapat menjelaskan mekanisme adsorpsi yang terjadi pada adsorben. Mekanisme adsorpsi dapat digambarkan melalui model isotherm Langmuir dan model isotherm Freundlich. Molekul yang semula ada pada larutan akan menempel pada permukaan adsorben yang memiliki sisi aktif, baik secara kimia atau secara fisika [4].

Model isotherm Freundlich, menjelaskan suatu adsorben memiliki sisi yang heterogen aktif, dimana pada permukaan adsorben memiliki tingkat energi yang berbeda. Oleh karena itu pada model isotherm ini menunjukkan bahwa hanya sisi aktif pada permukaan mampu menyerap padatan terlarut dalam suatu larutan. Mekanisme adsorpsi pada model ini akan menunjukkan proses adsorpsi berlangsung secara kimia dan monolayer. Model Isotherm Langmuir menunjukkan proses adsorpsi monolayer dimana adsorbat akan lebih lambat teradsorpsi jika sisi aktif adsorben sudah mencapai kapasitas maksimal adsorpsi [5]

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh luas permukaan dan sisi aktif yang dimiliki adsorben. Semakin luas permukaan adsorben yang memiliki sisi aktif, maka akan semakin banyak molekul yang mampu diserap. Pada penelitian ini bertujuan mengkaji mekanisme adsorpsi yang terjadi pada analisis daya serap iodium dengan menggunakan model isotherm Langmuir. Sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan pembuatan media adsorpsi sintesis.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Analisis daya serap iodium merupakan salah satu analisis yang digunakan untuk menentukan kualitas karbon aktif sebagai adsorben. Pada penelitian ini karbon aktif yang sudah disiapkan di analisis daya serap iodium untuk mengetahui kapasitas maksimal pori-pori pada karbon dalam menyerap polutan limbah. Iodium yang akan digunakan, dianalisis kepekaan dan presisi menggunakan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang sudah terstandarisasi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kinerja iodium sebagai alat uji spesifikasi kualitas karbon aktif. Sebanyak 1 gram karbon aktif dicampurkan dengan larutan Iodium yang sudah terstandarisasi konsentrasi awalnya (C_0), dikocok dengan alat pengocok selama 15 menit. Setelah itu pindahkan ke dalam tabung sentrifugal sampai karbon aktif turun, kemudian mengambil filtrat tersebut untuk dianalisis konsentrasi iodium akhir (C_1) (Gambar 1).



Gambar 1.

preparasi sampel

Diagram alir

Tahap selanjutnya larutan iodium (I_2) dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N yang sudah distandarisasi. Titrasi hentikan bila larutan berwarna kuning pucat. Kemudian ditambahkan 5 tetes indikator amilum, kemudian melanjutkan titrasi secara perlahan. Titrasi dihentikan bila warna biru larutan tepat menghilang [6]. Volume yang didapat kemudian dihitung konsentrasi iodium akhir sesuai Persamaan (1). Analisis daya serap iodium ditentukan dengan mengukur konsentrasi larutan iodium sebanyak 3 kali pengulangan (Gambar 2)

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2 \quad (1)$$

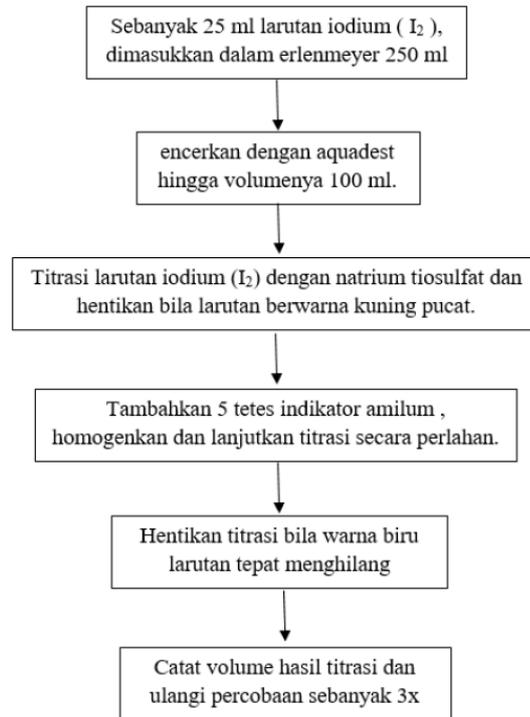
Dimana V_1 Volume iodium, M_1 adalah konsentrasi iodium. Sedangkan V_2 adalah banyaknya volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N yang digunakan untuk titrasi, dan M_2 merupakan konsentrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang digunakan yaitu sebesar 0,1 N. Data konsentrasi iodium awal dan akhir dihitung nilai kapasitas adsorpsi (q , mol g^{-1}), dengan menggunakan Persamaan 2, kemudian dimodelkan menggunakan model *isotherm Langmuir* (Persamaan 3).

$$q = \frac{(C_0 - C_1) \times \left(\frac{V}{1000}\right)}{m} \quad (2)$$

dimana C_0 , C adalah konsentrasi awal dan konsentrasi akhir larutan iodium (mol L), V adalah volume larutan iodium yang digunakan (mL), m adalah massa adsorben yang digunakan dalam percobaan [4].

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_{max}} + \frac{1}{q_{max} \cdot K_L} \cdot \frac{1}{c} \quad (3)$$

dimana q adalah kapasitas adsorpsi kesetimbangan, q_{max} adalah kapasitas adsorpsi maksimum, K_L adalah konstanta *Langmuir* [7].



Gambar 2. Diagram alir pengukuran konsentrasi larutan iodium

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis daya serap iodium terhadap karbon aktif telah dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Berdasarkan data yang diperoleh nilai serapan iodium pada karbon aktif semakin meningkat dengan semakin rendahnya konsentrasi iodium. Pada tabel 1, konsentrasi iodium 0,025 N dapat terserap sebanyak 81% pada karbon aktif. Hal tersebut terjadi karena larutan dengan konsentrasi iodium tinggi, memerlukan waktu adsorpsi lebih tinggi untuk dapat terdifusi dalam pori karbon aktif. Konsentrasi iodium 0,025 N merupakan konsentrasi terendah, sehingga hampir seluruh iodium terserap dalam karbon aktif. Adanya variasi konsentrasi larutan iodium terhadap kemampuan daya serap karbon dapat terlihat secara visual dengan adanya perbedaan warna larutan sebelum dan sesudah diperlakukan terhadap karbon aktif. Semakin rendah konsentrasi larutan iodium, semakin besar kemampuan larutan iodium berdifusi dalam pori karbon aktif [8].

Tabel 1. Nilai Serapan Iodium Pada Karbon Aktif Dengan Beberapa Konsentrasi

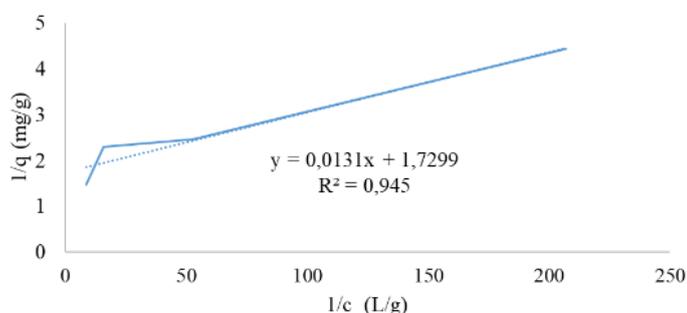
Konsentrasi awal (N)	Konsentrasi akhir (N)	Serapan Iodium (%)
(%) (0,25000)	0,15685	37
0,15000	0,11457	24
0,10000	0,06257	37
0,05000	0,01892	62
0,02500	0,00483	81

Proses adsorpsi iodium merupakan suatu pembentukan yang cepat sebuah kesetimbangan konsentrasi antarmuka, diikuti dengan difusi lambat ke dalam partikel-partikel karbon. Laju adsorpsi keseluruhan

dikendalikan oleh kecepatan difusi dari molekul-molekul zat terlarut dalam pori-pori kapiler dari partikel karbon. Kecepatan itu berbanding terbalik dengan kuadrat diameter partikel, bertambah dengan kenaikan konsentrasi zat terlarut, bertambah dengan kenaikan temperatur dan berbanding terbalik dengan kenaikan berat molekul zat terlarut. Laju adsorpsi bervariasi seiring dengan akar pangkat dua dari waktu kontak dengan adsorben [9], [10]

Dalam larutan dengan kekuatan ionik rendah, molekul suatu adsorben memiliki pori-pori yang saling berhubungan. Pori-pori ini adalah pori-pori makro, mikro, dan transisi. Melalui pori inilah proses penyerapan terjadi. Pori makro dapat menyerap molekul adsorbat dan pelarut yang bersentuhan dengan permukaan luar partikel karbon, pori mikro merupakan cabang dari pori makro dan dapat menyerap pelarut dan adsorbat dengan ukuran lebih kecil, sedangkan pori transisi merupakan cabang dari pori mikro yang hanya dapat menyerap molekul pelarut yang lebih kecil. Jadi dari kulit kemiri, adsorbat yang terbentuk hanya satu lapisan saja karena permukaan bersifat homogen [11], [12]

Model isoterm langmuir dapat menjelaskan proses adsorpsi iodium yang terjadi pada adsorben yang digunakan. Model isoterm langmuir pada analisis daya serap iodium diperoleh dari persamaan 3. Pada model isoterm ini mengungkapkan bahwa laju adsorpsi sebanding dengan fraksi situs kosong yang ada pada karbon bersama dengan konsentrasi iodium dalam larutan. Proses adsorpsi maju mendekati nol karena tempat kosong yang tersedia ditempati oleh adsorbat [3], [13]. Representasi linier dari model isoterm Langmuir untuk adsorpsi iodium pada karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Representasi linier dari model isoterm Langmuir

Pada Gambar 3, koefisien korelasi (R^2) pada model isotherm Langmuir memiliki nilai $R^2 = 0,945$. Sehingga model isoterm Langmuir dapat menggambarkan data eksperimen terkait mekanisme adsorpsi iodium pada karbon aktif yang digunakan. Berdasarkan model isotherm Langmuir, dapat dijelaskan proses adsorpsi yang berlangsung secara monolayer pada permukaan adsorben dan bersifat reversible. Berdasarkan persamaan linieritas dapat diketahui kapasitas adsorpsi maksimum iodium sebesar $0,58 \text{ mg g}^{-1}$. Pada model isoterm langmuir ini menunjukkan bahwa terdapat satu jenis sisi aktif adsorben yang mampu menyerap iodium. Sistem adsorpsi kooperatif pada model adsorpsi Langmuir, menjelaskan adanya pengikatan pada permukaan yang identik tetapi dapat menampung banyak molekul. Sehingga diperlukan lebih banyak energi adsorpsi yang dipengaruhi oleh adanya berbagai adsorbat yang terikat pada sisi aktif adsorben [14]. Pada analisis daya serap iodium nilai kapasitas adsorpsinya lebih tinggi dibandingkan kapasitas adsorpsi pada analisis adsorpsi fosfat yaitu hanya sebesar $0,26 \text{ mg/g}$ [15]. Dengan kata lain, analisis daya serap iodium dapat dianggap efektif dalam menentukan kemampuan maksimal kapasitas adsorpsi suatu adsorben.

4. KESIMPULAN

Analisis daya serap iodium mengikuti model isoterm Langmuir dalam mekanisme adsorpsinya. Iodium akan terjerap pada sisi aktif karbon secara monolayer. Iodium dapat teradsorpsi maksimal sebesar $0,58 \text{ mg g}^{-1}$. Semakin kecil konsentrasi larutan iodium, maka semakin banyak iodium yang mampu diserap dalam adsorben. Hal ini bahwa laju adsorpsi sebanding dengan fraksi situs kosong yang ada pada karbon bersama dengan konsentrasi iodium dalam larutan. Berdasarkan penelitian ini. Dengan melakukan analisis daya serap iodium dapat ditentukan nilai kapasitas adsorpsi maksimal pada suatu adsorben dengan merepresentasikan melalui model isoterm Langmuir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sulaiman, N. H., Malau, L.A., Lubis, F. H., Harahap, N. B., Manalu, F. R., Kembaren, "Pengolahan Tempurung Kemiri Sebagai Karbon Aktif Dengan Variasi Aktivator Asam Fosfat," *EINSTEIN e-JOURNAL*, vol. 5, no. 2, pp. 37–41, 2018, doi: 10.24114/einstein.v5i2.11841.
- [2] S. Wardani, . E., and V. Viena, "Potensi Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata* L) Dalam Menyerap Gas CO Dan SO₂ Pada Emisi Kendaraan Bermotor," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 262–270, 2008, doi: 10.32672/jse.v3i1.355.
- [3] Ariyanto Eko, Dian Dwi Lestari, and Dian Kharismadewi, "Analisa Kemampuan dan Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif dari Cangkang Ketapang Terhadap Zat Warna Metil Orange," *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, vol. 32, p. Hal. 166-178, 2021.
- [4] I. E. Wijayanti and E. A. Kurniawati, "Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Abu Gosok sebagai Adsorben," *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, vol. 4, no. 2, p. 175, Jul. 2019, doi: 10.30870/educhemia.v4i2.6119.
- [5] S. R. Yenti, A. Fadli, R. Fifiyana, and M. Sari, "Model Kesetimbangan Freundlich Pada Adsorpsi Ion Kadmium Menggunakan Hidroksiapatit," in *Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Riau ke-3*, 2018.
- [6] V. H. R. M. Kadang, M.R.A.M., Anas, M., Mongkito, "Efek Variasi Konsentrasi Zat Aktivator H 3 PO 4 Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Cangkang Kemiri," vol. 5, no. 4, pp. 328–333, 2020.
- [7] U. Meila Anggriani *et al.*, "Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb) Kinetic Adsorption Of Activated Carbon In Decreasing Concentrations Of Copper (Cu) And Lead (Pb) Metals," *Jurnal Kinetika*, vol. 12, no. 02, pp. 29–37, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>
- [8] D. Cendekia, D. Ayu Afifah, and W. Hanifah, "Linearity Graph in the Prediction of Granular Active Carbon (GAC) Adsorption Ability," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, Apr. 2021. doi: 10.1088/1755-1315/1012/1/012079.
- [9] Y. Kurniati, O. Putri Prastuti, and E. Lutfi Septiani, "Studi Kinetika Adsorpsi Metil Biru Menggunakan Karbon Aktif Limbah Kulit Pisang," vol. 2019, no. 1, pp. 34–38, 2019, [Online]. Available: www.jtkl.polinema.ac.id
- [10] I. Syaunyah, M. Amalia, and H. A. Kartini, "Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif Dalam limbah cuci foto," *Info Teknik*, vol. 12, no. 1, pp. 11–20, 2011.
- [11] L. Ifa, Nurdjanah, T. Syarif, and Darnengsih, *Bioadsorben Dan Aplikasinya*, 1st ed. Sumatera Barat: Yayasan Pendidikan Cendekia Muslim, 2021.
- [12] J. Latupeirissa, M. F. J. D. P. Tanasale, and S. H. Musa, "Kinetika Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Oleh Karbon Aktif Dari Kulit Kemiri (*Aleurites moluccana* (L) Willd)," *Indo. J. Chem. Res.*, vol. 6, no. 1, pp. 12–21, 2018, doi: 10.30598//ijcr.2018.6-jol.
- [13] S. Azizian, S. Eris, and L. D. Wilson, "Re-evaluation of the century-old Langmuir isotherm for modeling adsorption phenomena in solution," *Chem Phys*, vol. 513, no. May, pp. 99–104, 2018, doi: 10.1016/j.chemphys.2018.06.022.
- [14] M. A. Al-Ghouti and D. A. Da'ana, "Guidelines for the use and interpretation of adsorption isotherm models: A review," *J Hazard Mater*, vol. 393, no. February, p. 122383, 2020, doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.122383.
- [15] Illah, S., F. Mulyaningsih, A. Ismayana, T. Puspaningrum, A. A. Adnan, and N. S. Indrasti, "Kinerja karbon aktif dari kulit singkong dalam menurunkan konsentrasi fosfat pada air limbah laundry," *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, vol. 30, no. 2, pp. 180–189, 2020.