

Pengaruh Massa Karbon Aktif dan Konsentrasi Adsorbat dalam Penyerapan Zat Warna Metilen Blue

Dennis Farina Nury^{1*}, Muhammad Zulfikar Luthfi², Deviany Deviany¹,
Feerzet Achmad¹, Jabosar Ronggur Hamonangan Panjaitan¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, 35265, Indonesia

²Program Studi Teknik Kimia Bahan Nabati, Politeknik ATI Padang, Padang, 25171, Indonesia

*Korespondensi: dennis.nury@tk.itera.ac.id

Received: 03 June 2023, Revision: 10 June 2023, Accepted: 15 July 2023

Abstrak

Dalam penelitian ini dipelajari pengaruh massa karbon aktif dan konsentrasi larutan metilen biru terhadap kapasitas adsorpsi, lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kesetimbangan, serta pemodelan isothermal dari material karbon aktif pada proses adsorpsi. Variabel yang digunakan adalah massa karbon aktif sebanyak 100 mg, 75 mg, dan 50 mg dan konsentrasi larutan metilen biru sebesar 20, 40, 60, 80, dan 100 ppm. Proses adsorpsi pada ketiga variasi massa terjadi pada waktu kontak optimum 80 dan 90 menit dengan persentase adsorpsi sebesar 99%. Adsorpsi zat warna metilen biru oleh karbon aktif dari kulit durian mengikuti pemodelan isothermal Freundlich dengan nilai K sebesar 15846,44 mg/g dan $1/n$ sebesar 23,666 yang menunjukkan indikator ketergantungan konsentrasi dari besar energi yang berhubungan dengan proses adsorpsi.

Kata kunci: adsorpsi, isothermal Freundlich, kapasitas adsorpsi, karbon aktif, metilen biru,

Abstract

In this study, the effect of activated carbon mass and methylene blue solution concentration on adsorption capacity, the length of time required to reach equilibrium, and isothermal modeling of activated carbon material in the adsorption process were studied. The variables used are the mass of activated carbon as much as 100 mg, 75 mg, and 50 mg and the concentration of methylene blue solution of 20, 40, 60, 80, and 100 ppm. The adsorption process in the three mass variations occurred at an optimum contact time of 80 and 90 minutes with an adsorption percentage of 99%. Adsorption of methylene blue dye by activated carbon from durian peel follows Freundlich isothermal modeling with a K value of 15846.44 mg/g and $1/n$ of 23.666 which shows an indicator of concentration dependence of the amount of energy associated with the adsorption process.

Keywords: adsorption. Isothermal Freundlich, adsorption capacity, activated carbon, methylene blue

PENDAHULUAN

Zat warna merupakan senyawa organik atau anorganik berwarna yang digunakan dalam industri tekstil, makanan, obat-obatan, maupun kosmetik (Latupeirissa et al., 2018). Zat pewarna banyak digunakan khususnya dalam industri cat, batik dan tekstil (Martiningsih, 2019) dengan macam zat pewarna yang digunakan dalam industri tekstil

diantaranya rodamin B (Madina et al., 2017), metilen biru (Latupeirissa et al., 2018), *sunset yellow* dan *allura red* (Boas Tua Hotasi, Yosep Christian, Hans Kristianto, 2018). Zat pewarna sintetis sangat berbahaya bagi lingkungan karena sifatnya yang tahan terhadap proses biodegradasi dan efek toksisitasnya yang tinggi terhadap

lingkungan, sehingga menyebabkan alergi dan iritasi kulit serta bersifat karsinogenik. Salah satu zat pewarna yang paling sering digunakan adalah metilen biru (Anselmus Boy Baunsele, 2020). Metilen biru merupakan salah satu zat warna dasar dengan struktur senyawa kimia aromatik heterosiklik. Metilen biru pada umumnya digunakan dalam industri pewarnaan kertas, pewarna rambut, industri wol, dan juga pewarnaan kapas (Latupeirissa et al., 2018).

Terdapat beberapa metode untuk mengurangi pencemaran zat pewarna metilen biru diantaranya yang paling sering dilakukan yaitu adsorpsi dan koagulasi/flokulasi (Lolo et al., 2020). Adsorpsi merupakan metode yang paling efektif untuk mengurangi konsentrasi zat warna karena proses adsorpsi merupakan cara yang paling umum digunakan dan salah satu metode yang paling ekonomis. Adsorben karbon atau biasa disebut karbon aktif, merupakan penyerap yang paling efektif untuk pemurnian air yang mengandung polutan dalam konsentrasi rendah (Anselmus Boy Baunsele, 2020).

Secara umum adsorpsi dapat diartikan sebagai peristiwa fisika pada permukaan suatu bahan yang tergantung dari spesifikasi antara adsorben dengan zat yang diserap (adsorbat). Adsorpsi yang terjadi pada permukaan adsorben dapat bersifat adsorpsi fisika (adsorpsi *Van der Waals*) atau adsorpsi kimia (*chemisorption*). Adsorpsi fisik terjadi akibat adanya perbedaan energi atau gaya tarik bermuatan listrik (gaya *van der Waals*) (Hayu et al., 2021).

Telah dilakukan penelitian yang mengkaji tentang pembuatan dan karakterisasi karbon aktif dari tempurung kelapa dengan aktivasi fisika dan kimia terhadap adsorpsi metilen biru, proses aktivasi fisika dilakukan dengan cara pembakaran menggunakan tanur pada suhu 700°C dan aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan aktivator H_3PO_4 . Karbon aktif hasil aktivasi fisika mempunyai daya serap yang lebih besar daripada karbon aktif hasil aktivasi kimia dengan masing-masing daya serap terhadap metilen biru sebesar 99,42 dan 98,64% (Verayana et al., 2018).

Penelitian lain yang mengkaji kinetika adsorpsi metilen biru menggunakan adsorben sabut kelapa, hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorpsi metilen biru terjadi secara optimal pada pH 7 selama 75 menit dengan presentase adsorpsi sebesar 99,14%. Sedangkan melakukan penelitian tentang adsorpsi metilen biru dari cangkang buah pinus Brazil (*araucaria angustifolia*), penelitian tersebut membuktikan bahwa cangkang buah pinus Brazil dapat melakukan adsorpsi zat warna metilen biru dengan baik pada pH 8,5-10 selama 4-6 jam (Royer et al., 2009).

Kajian pengaruh variasi konsentrasi aktivator kimia ZnCl_2 dan Na_2CO_3 terhadap adsorpsi fenol pada air limbah, didapatkan hasil bahwa pada aktivator ZnCl_2 persen *removal* tertinggi didapat pada konsentrasi aktivator 7,5% sebesar 99,452% sedangkan pada aktivator Na_2CO_3 persen *removal* tertinggi didapat pada konsentrasi aktivator 5% sebesar 99,745%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator maka semakin tinggi persen *removal* dari fenol yang telah diadsorpsi oleh karbon aktif (Esterlita & Herlina, 2015).

Pengaruh variasi massa adsorben dari biji pepaya (0,05 - 1,0 g) terhadap proses adsorpsi metilen biru, hasil penelitian menunjukkan bahwa proses adsorpsi metilen biru meningkat seiring peningkatan massa adsorben hingga 0,40 g dan cenderung konstan hingga masa adsorben mencapai 1,0 g. Persentase adsorpsi meningkat dari 34,67% pada 0,05 menjadi 80% pada 0,4 - 1 g. Peningkatan masa adsorben berpengaruh terhadap luas permukaan adsorben, hal ini menunjukkan bahwa adsorben dari biji pepaya mampu menyerap limbah metilen biru dengan baik (Zustriani, 2019).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka kami memiliki gagasan untuk memanfaatkan kulit durian sebagai adsorben zat warna metilen biru serta mempelajari faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi efektifitas dari adsorben. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mempelajari sifat adsorpsi karbon aktif yang dihasilkan dari kulit durian dalam mendegradasi zat warna metilen biru dan juga mengkaji faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi penyerapan. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat

menjadi solusi dari permasalahan limbah zat pewarna pada lingkungan perairan dan mengurangi limbah kulit durian yang tidak terpakai.

METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah karbon aktif dari kulit durian dengan ukuran partikel 30 mesh, metilen biru teknis dan aquades sebagai pelarut.

Alat yang digunakan pada proses adsorpsi yaitu *orbital shaker*, neraca analitik. Konsentrasi larutan metilen biru dianalisis menggunakan *Spectrophotometer UV-Vis Thermo Scientific Genesys 150* yang berada di Laboratorium Farmasi Institut Teknologi Sumatera.

Metode Penelitian

Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan

Metilen Biru

Menentukan panjang gelombang maksimum larutan metilen biru menggunakan rentang 500 – 700 nm. Setelah didapatkan panjang gelombang maksimum, kemudian menentukan nilai absorbansi dari larutan standar (Huda & Yulitaningtyas, 2018).

Setelah didapatkan nilai absorbansi larutan standar, plotkan antara nilai absorbansi dengan konsentrasi awal larutan standar, kemudian diregresi linear untuk mendapatkan persamaan linear:

$$Y = ax \pm b$$

Persamaan ini nantinya akan digunakan untuk mencari konsentrasi sampel dimana Y merupakan bilangan absorbansi dari sampel dan x merupakan konsentrasi sampel yang dicari atau nilai konsentrasi setelah proses adsorpsi.

Adsorpsi Metilen Biru

Karbon aktif sebanyak 100 mg dimasukan kedalam 5 erlenmeyer yang berisi 20 ml larutan metilen biru dengan konsentrasi masing-masing sebesar 20, 40, 60, 80 dan 100 ppm. *Orbital shaker* diatur pengadukan dengan kecepatan 150 rpm sampai tercapai titik konsentrasi *equilibrium*. Setelah tercapai titik *equilibrium*, larutan metilen biru dan karbon aktif dipisahkan menggunakan kertas saring. Larutan metilen biru ditentukan konsentrasinya menggunakan persamaan yang telah didapat dari kurva kalibrasi larutan

metilen biru dan mengulangi percobaan dengan variasi massa karbon aktif lainnya.

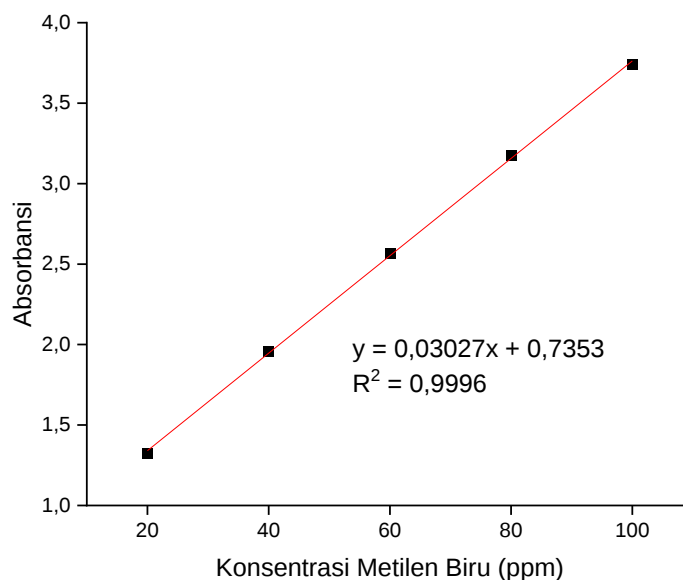
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Kurva Standar Larutan Metilen Biru

Penentuan kurva kalibrasi digunakan untuk mencari persamaan regresi linear sehingga dapat digunakan dalam pencarian suatu kadar yang absorbansinya sudah diukur. Persamaan regresi linier ini merupakan hubungan antara variasi konsentrasi metilen

biru (ppm) bilangan absorbansi tiap konsentrasi.

Pembuatan kurva kalibrasi menggunakan larutan standar metilen biru dengan variasi konsentrasi 20, 40, 60, 80 dan 100 ppm. Variasi konsentrasi dianalisis dengan *spectrophotometer UV-Vis* pada panjang gelombang 663 nm sesuai dengan optimasi yang sudah dilakukan. Data penentuan kurva kalibrasi disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Kurva Kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi dari larutan standar dilakukan untuk melihat hubungan antara absorbansi dan konsentrasi larutan standar apakah sesuai dengan hukum *Lambert-*

Beer, dimana intensitas yang diteruskan oleh suatu larutan (zat) berbanding lurus dengan konsentrasi larutan tersebut (Huda & Yulitaningtyas, 2018). Berdasarkan kurva

yang ditunjukkan pada Gambar 1 diatas, dapat dikatakan bahwa semakin besar konsentrasi maka bilangan absorbansinya juga akan semakin besar atau konsentrasi berbanding lurus dengan absorbansi. Linieritas yang didapat oleh kurva kalibrasi standar metilen biru adalah $y = 0,03027x + 0,7353$ dengan nilai regresi (R^2) sebesar 0,9996, hasil tersebut dapat dikatakan sangat baik karena nilai regresi yang baik hampir mendekati 1. Persamaan linieritas yang diperoleh kemudian digunakan untuk menentukan konsentrasi akhir setelah dilakukan adsorpsi.

Penentuan Konsentrasi Akhir Sampel

Larutan Metilen Biru

Pada percobaan kali ini data yang telah didapatkan dari percobaan sebelumnya akan digunakan sebagai kondisi saat percobaan. Variasi massa yang digunakan yaitu 100, 75 dan 50 mg, dengan panjang gelombang 663 nm dan waktu kontak selama 80 menit untuk massa 100 mg dan 90 menit untuk massa 75 mg dan 50 mg. Pada percobaan kali ini dibuat konsentrasi awal larutan (C_0) untuk mengetahui selisih konsentrasi pada sebelum dan sesudah pengujian agar dapat dihitung

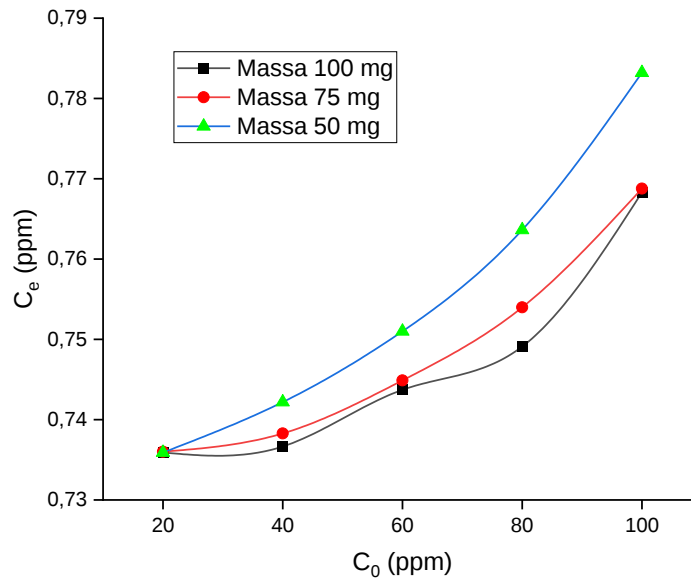
persentase adsorpsinya. Variasi konsentrasi awal yang digunakan pada percobaan kali ini yaitu 20, 40, 60, 80, dan 100 ppm. Data hasil percobaan disajikan pada **Gambar 2**.

Setelah dilakukan percobaan terhadap ketiga variasi massa karbon aktif dan telah dilakukan uji analisis menggunakan *spectrophotometer UV-Vis*, berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin besar massa karbon aktif yang digunakan maka semakin kecil nilai konsentrasi hasil penyerapannya. Pada gambar tersebut dapat dilihat juga bahwa semakin tinggi konsentrasi awal larutan maka semakin tinggi juga konsentrasi hasil penyerapan karbon aktif.

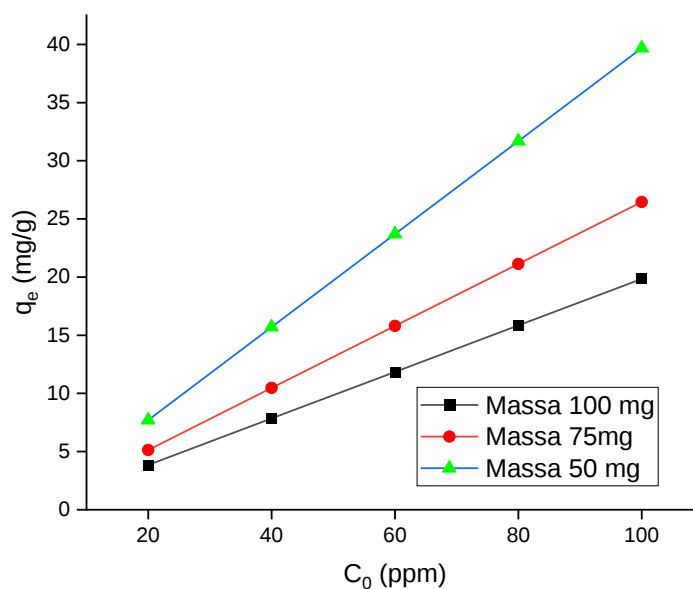
Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. Kep51/MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah cair, ambang batas metilen biru yang diperbolehkan adalah 5-10 mg/L. Berdasarkan hasil penelitian yang telah kami lakukan dengan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif kulit durian, nilai konsentrasi akhir larutan zat warna metilen biru menunjukkan hasil yang cukup baik yaitu sebesar 0,7 ppm. Dalam hal ini penggunaan karbon aktif dari kulit durian sebagai adsorben

dapat dikatakan berhasil untuk penyerapan zat warna metilen biru sampai dibawah ambang

batas yang telah ditetapkan pemerintah (Latupeirissa et al., 2018).



Gambar 2 Perbandingan Konsentrasi Awal (C_0) dan Konsentrasi Akhir (C_e)



Gambar 3 Perbandingan Konsentrasi Awal (C_0) dan Kapasitas Adsorpsi (q_e)

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa semakin besar massa karbon aktif yang

digunakan, maka semakin kecil kapasitas adsorpsi yang terjadi. Pada massa karbon aktif

sebanyak 100 mg kapasitas adsorpsi lebih kecil dari pada massa karbon aktif 50 mg. Saat konsentrasi 100 ppm kapasitas adsorpsi yang terjadi pada massa 100 mg sebesar 19,846 mg/g dan kapasitas adsorpsi yang terjadi pada massa 50 mg sebesar 39,687 mg/g. Hal ini dikarenakan, dengan meningkatnya massa karbon aktif maka luas permukaan karbon aktif akan lebih besar sehingga untuk kapasitas adsorpsinya akan semakin kecil (Komala et al., 2021).

Isotermal Adsorpsi

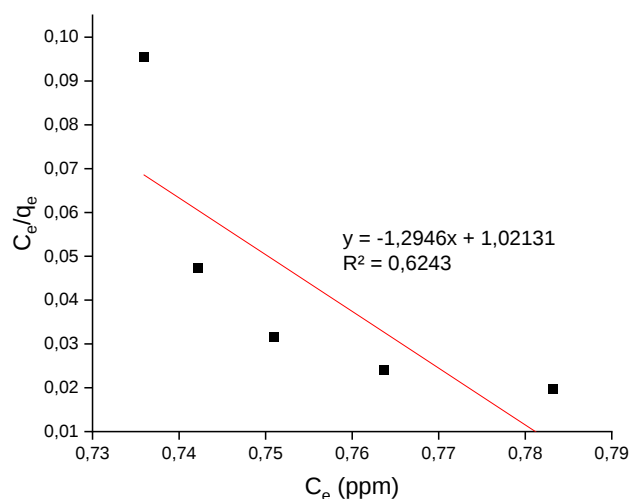
Hasil perhitungan masing-masing variasi kondisi penelitian ditabulasikan pada Tabel 2. Berdasarkan data Tabel 2 dibuat kurva untuk mengetahui isotermal adsorpsi yang sesuai dengan adsorpsi zat warna metilen biru menggunakan karbon aktif dari kulit durian. Kurva dibuat dengan memplotkan hubungan antara C_e dan C_e/q_e untuk isotermal Langmuir, dan $\ln C_e$ dan $\ln q_e$ untuk isotermal Freundlich.

Isotermal Langmuir mengasumsikan adsorpsi lapisan tunggal pada permukaan yang

mengandung sejumlah tertentu pusat adsorpsi dengan energi-energi adsorpsi yang seragam tanpa perpindahan adsorbat pada bidang permukaan. Sedangkan untuk persamaan isotermal Freundlich merupakan sebuah persamaan eksponensial. Oleh karena itu dalam persamaan Freundlich, nilai K dan $1/n$ merupakan konstanta Freundlich yang menyatakan tingkat adsorpsi dan faktor heterogenitas. Sehingga isotermal Freundlich ini digunakan untuk menggambarkan sistem yang heterogen. Untuk data hasil perhitungan isotermal adsorpsi ditampilkan pada Tabel 1. Gambar 4 merupakan kurva isotermal Langmuir yang merupakan hasil plotting antara C_e/q_e dan C_e . Dari hasil plotting data penelitian ini diperoleh persamaan berupa persamaan linier $y = -1,2946x + 1,0213$ dengan nilai $R^2 = 0,6243$.

Tabel 1 Perhitungan Isotermal Adsorpsi

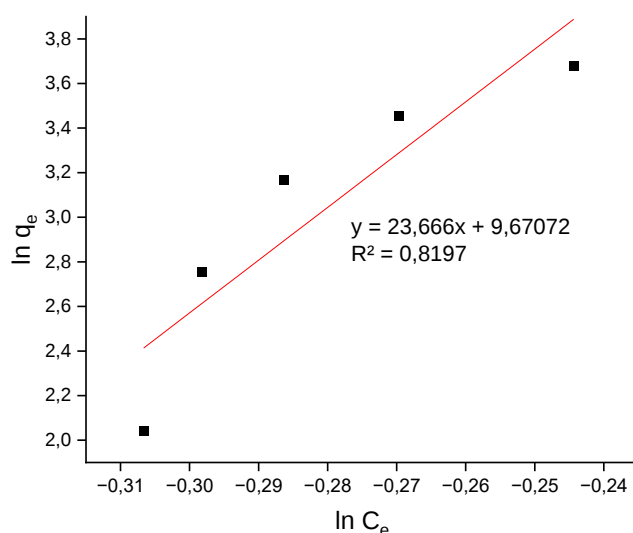
C_0 (ppm)	C_e (ppm)	q_e	C_e/q_e	$\ln C_e$	$\ln q_e$
100	0,783	39,68671	0,019735	-0,24435	3,681016
80	0,764	31,69455	0,024093	-0,26967	3,456145
60	0,751	23,6996	0,031688	-0,28636	3,165458
40	0,742	15,70312	0,047264	-0,29815	2,753860
20	0,736	7,705638	0,095502	-0,30665	2,041952

**Gambar 4 Isotermal Langmuir**

Gambar 5 diatas merupakan kurva isotermal Freundlich yang merupakan hasil plotting antara $\ln q_e$ dan $\ln C_e$. Dari hasil plotting data penelitian ini diperoleh persamaan berupa persamaan linier $y = 23,666x + 9,6707$ dengan nilai $R^2 = 0,8197$.

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Gambar 4 dan 5, terlihat bahwa nilai

koefisien korelasi (R^2) yang tertinggi terdapat pada isotermal Freundlich, hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi zat warna metilen biru menggunakan karbon aktif dari kulit durian memiliki pendekatan isotermal Freundlich. Nilai yang didapatkan pada Gambar 4 dan 5 terangkum pada Tabel 2.



Gambar 5 Isothermal Freundlich

Tabel 2 Parameter Isothermal Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru

Isothermal Langmuir			Isothermal Freundlich		
b (L/mg)	$q_{\max}$ (mg/g)	R^2	1/n	K (mg/g)	R^2
-0,78889	0,979144	0,6243	23,666	15846,44	0,8197

Dengan menggunakan persamaan isothermal Freundlich pada konsentrasi adsorpsi metilen biru dapat dihitung kapasitas atau kemampuan serap karbon aktif sebagai adsorben. Berdasarkan data perhitungan yang disajikan pada Tabel 2, diperoleh nilai K sebesar 15846,44 mg/g dan 1/n sebesar 23,666 yang menunjukkan indikator ketergantungan konsentrasi dari besar energi yang berhubungan dengan proses adsorpsi.

Nilai koefisien korelasi (R^2) tertinggi ditunjukkan pada isothermal Freundlich. Isothermal Langmuir hanya berlaku untuk adsorpsi lapisan tunggal pada permukaan adsorben yang bersifat homogen, sedangkan isothermal Freundlich berlaku untuk adsorben yang permukaan bersifat heterogen. Hal ini menunjukkan bahwa pada larutan yang berkekuatan ion rendah molekul karbon aktif mempunyai pori-pori yang saling berhubungan. Pori-pori tersebut yaitu pori

makro, mikro, dan transisi. Melalui pori inilah terjadi proses penyerapan. Pori makro dapat menyerap molekul adsorbat dan pelarut yang berhubungan dengan permukaan luar dari partikel karbon, pori mikro merupakan cabang dari pori makro dan dapat menyerap pelarut dan adsorbat dengan ukuran yang lebih kecil, sedangkan pori transisi merupakan cabang dari pori mikro yang hanya dapat menyerap molekul pelarut yang lebih kecil. Dalam hal ini, karbon aktif dari kulit durian merupakan adsorbat yang membentuk beberapa lapisan karena permukaan karbon aktif yang bersifat heterogen.

Nilai K yang dihasilkan pada perhitungan isothermal Freundlich menunjukkan kapasitas serap, semakin besar nilai K maka semakin besar kapasitas adsorben menyerap adsorbat. Untuk nilai $1/n > 1$, menunjukkan bahwa kejenuhan tidak tercapai, sebaliknya pada kebanyakan sistem adsorpsi di mana $1/n < 1$, $1/n \rightarrow 0$, adsorben sudah jenuh dengan molekul adsorbat ketika energi adsorpsi menurun terhadap kerapatan permukaan (Hayu *et al.*, 2021). Berdasarkan data di atas maka dapat diindikasikan bahwa adanya perlakuan

karbon aktif memberikan nilai $1/n$ sangat besar. Hal ini diduga, karena permukaan karbon aktif yang kecil dan bersifat selektif sehingga pada campuran zat, ada beberapa komponen yang terserap oleh zat padat tertentu (Esterlita & Herlina, 2015; Latupeirissa *et al.*, 2018).

KESIMPULAN

Massa karbon aktif kulit durian dan konsentrasi awal larutan metilen biru mempengaruhi kapasitas adsorpsi dan mempengaruhi lamanya waktu kontak menuju kesetimbangan, dimana semakin besar massa karbon aktif maka semakin cepat tercapainya waktu *equilibrium*.

Adsorpsi zat warna metilen biru oleh karbon aktif dari kulit durian mengikuti pemodelan isothermal Freundlich dengan nilai K sebesar 15846,44 mg/g dan $1/n$ sebesar 23,666 yang menunjukkan indikator ketergantungan konsentrasi dari besar energi yang berhubungan dengan proses adsorpsi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dari Program Studi Teknik Kimia

Institut Teknologi Sumatera pada bidang penelitian dan publikasi di tahun 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Anselmus Boy Baunsele, H. M. (2020). *Kajian Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Sabut Kelapa*.
- Boas Tua Hotasi, Yosep Christian, Hans Kristianto, A. A. A. (2018). *Studi Adsorpsi Biner Zat Warna dengan Karbon Aktif*.
- Esterlita, M. O., & Herlina, N. (2015). Pengaruh penambahan aktivator $ZnCl_2$, KOH, Dan H_3PO_4 dalam pembuatan karbon aktif dari pelepah aren (*Arenga Pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), 47–52.
- Hayu, L. D. R., Nasra, E., Azhar, M., & Etika, S. B. (2021). Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Karbon Aktif dari Kulit Durian (*Durio zibethinus Murr.*). *Periodic*, 10(2), 8–13. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- Huda, T., & Yulitaningtyas, T. K. (2018). Kajian Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Selulosa dari Alang-Alang. *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)*, 1(01), 9–19. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol1.iss1.art2>
- Komala, R., Dewi, D. S., & Pandiyah, N. (2021). Proses Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah Terhadap Penurunan Kadar Cod Dan Bod Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Redoks*, 6(2), 139–148.
- Latupeirissa, J., Tanasale, M. F. J. D. P., & Musa, S. H. (2018). Kinetika Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Oleh Karbon Aktif Dari Kulit Kemiri (*Aleurites moluccana* (L) Willd) Kinetics of Blue Methylene Dyes Adsorption Substances By Activated Carbon From Hazelnut Shell (*Aleurites moluccana* (L) Willd). *Chemical Journal*, 6(1), 12–21.
- Lolo, E. U., Pambudi, Y. S., Gunawan, R. I., & Widiyanto, W. (2020). Pengaruh Koagulan PAC dan Tawas Terhadap Surfaktan dan Kecepatan Pengendapan Flok Dalam Proses Koagulasi Flokulasi. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(4), 1295–1305. <https://doi.org/10.32672/jse.v5i4.2315>
- Madina, F. E., Elvia, R., & Candra, I. N. (2017). Analisis Kapasitas Adsorpsi

- Silika Dari Pasir Pantai Panjang Bengkulu Terhadap Pewarna Rhodamine B. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 1(2), 98–101.
- Martiningsih, S. U. R. (2019). *Efektifitas Bakteri Indigenous Limbah Cair Batik Untuk Dekolorisasi Sisa Pencelupan Tekstil Dengan Zat Warna Remazol Blue*. <https://www.jurnal.wastukancana.ac.id/index.php/teknologika/article/view/15>
- Royer, B., Cardoso, N. F., Lima, E. C., Vaggetti, J. C. P., Simon, N. M., Calvete, T., & Veses, R. C. (2009). Applications of Brazilian pine-fruit shell in natural and carbonized forms as adsorbents to removal of methylene blue from aqueous solutions-Kinetic and equilibrium study. *Journal of Hazardous Materials*, 164(2–3), 1213–1222. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.09.028>
- Verayana, V. (Verayana), Paputungan, M. (Mardjan), & Iyabu, H. (Hendri). (2018). Pengaruh Aktivator HCl dan H₃PO₄ terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa Serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb). *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 13(1), 67–75. <https://www.neliti.com/publications/277418/>
- Zustriani, A. K. (2019). Pengaruh Aktivasi Adsorben Biji Pepaya terhadap Adsorption Logam Besi (Fe) dan Tembaga (Cu) dalam Air Limbah. *Integrated Lab Journal*, 7(1), 29–43. <http://ejournal.uin-suka.ac.id/pusat/integratedlab/article/view/1863>