

STUDI ADSORPSI METILEN BIRU MENGGUNAKAN ARANG AKTIF TEMPURUNG LONTAR (*Borassus flabellifer* L.) ASAL NUSA TENGGARA TIMUR

Merpiseldin Nitsae^{*1}, Hartini R. L. Solle¹, Serliani M. Martinus¹, Imanuel J. Emola²

¹Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Kristen Artha Wacana

²Program studi Manajemen Sumber Daya Perairan, FPIK, Universitas Kristen Artha Wacana

Jln. Adisucipto, Oesapa, Kupang, Nusa Tenggara Timur, 85228

* untuk korespondensi: merpinitiae@gmail.com

Received 12 January 2021

Accepted 23 June 2021

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang studi adsorpsi Metilen Biru (MB) menggunakan arang aktif tempurung lontar (AAtl) asal Nusa Tenggara Timur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi, kinetika adsorpsi, dan isoterm adsorpsi yang terjadi melalui interaksi antara MB dan AAtl. Aktivasi menggunakan aktivator kalium hidroksida (KOH) dan asam sulfat (H_2SO_4) untuk memperluas ukuran pori dan meningkatkan kemampuan adsorpsi arang aktif pada kecepatan interaksi 100 rpm, serta rentang waktu 0-180 menit. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa jumlah MB yang terserap pada 3 variasi AAtl KOH ($t = 60$ menit) secara berturut-turut adalah $27,18 \text{ mg g}^{-1}$; $23,76 \text{ mg g}^{-1}$; $27,84 \text{ mg g}^{-1}$; dan AAtl H_2SO_4 ($t = 120$ menit) adalah $22,90 \text{ mg g}^{-1}$. Model kinetika adsorpsi MB cenderung terjadi secara pseudo orde kedua (mekanisme adsorpsi secara kimia berdasarkan nilai $q_e = 30,30 \text{ mg g}^{-1}$) dengan kapasitas adsorpsi maksimum secara isoterm Langmuir-Freundlich adalah $1614,968 \text{ mg g}^{-1}$, proses adsorpsi berdasarkan nilai R_L (dimensi kuantitas adsorpsi) berada pada kategori berlangsung secara baik (0,214-0,259). Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk optimalisasi kondisi adsorpsi yang terjadi berdasarkan pH, massa adsorben, dan konsentrasi adsorbat.

Kata Kunci: MB, arang aktif tempurung lontar, kapasitas adsorpsi, kinetika adsorpsi, isoterm adsorpsi

Abstract

The research has been conducted about the methylene blue (MB) absorption for the charcoal palm active shell (*Borassus flabellifer* L.) in East Tenggara Timur. The aim, of this study was to find the capacity of absorption, kinetic and isotherm which happened through the interaction between MB and AAtl. The experiment used the activator potassium hydroxide (KOH) and sulfuric acid (H_2SO_4) to expand the pore and improve the absorption of charcoal active on the speed of 100 rpm, and 0-180 minutes. The result showed that the amount of MB which absorbed in three variations namely; Aatl KOH ($t= 60$ minutes) followed by $27,18 \text{ mg g}^{-1}$; $23,76 \text{ mg g}^{-1}$ and Aatl H_2SO_4 ($t= 120$ minutes) about $22,90 \text{ mg g}^{-1}$. The kinetic absorption model MB occurred through the second order pseudo mechanism (chemically absorption mechanism based on the score of $q_e= 30, 30 \text{ mg g}^{-1}$) with the maximum absorption capacity isotherm Langmuir- Freundlich about $1614,968 \text{ mg m}^{-1}$, absorption process based on the score of R_L (the quantity absorption dimension) was on the right category(0,214-0,259). Therefore, the next research will be necessary to optimalize the condition which may happened based on pH, absorption mass and absorption concentration.

Key words: MB, charcoal palm active shell, absorption capacity, absorption kinetic, isotherm absorption

PENDAHULUAN

Lontar (*Borassus flabellifer* L) merupakan sejenis palma (pinang-pinangan) yang tumbuh di Asia Tenggara dan Asia Selatan. Di Nusa Tenggara Timur, penyebaran lontar dijumpai hampir di sebagian wilayah daerah seperti Pulau Timor, Rote, dan Sabu. Bahkan Pulau Rote dikenal dengan sebutan Nusa Lontar (Woha, 2011). Semua bagian dari tanaman ini dimanfaatkan yaitu daun, batang, buah hingga bunga untuk kebutuhan masyarakat setempat (Ainan, 2001). Namun, pemanfaatan dari tempurungnya yaitu tempurung *saboak* (sebutan masyarakat NTT) belum maksimal sehingga keberadaannya masih menjadi sampah. Dengan demikian, perlu dilakukan upaya pemanfaatan tempurung *saboak* menjadi produk biomaterial. Pemanfaatan arang aktif dapat dilakukan pada lingkungan (Harsanti dkk., 2013; Silaban, 2018), sebagai kosmetik (Lestari dkk., 2019; Fahruri & Megasari, 2020).

Pada penelitian sebelumnya (Ballo, 2019; Lano dkk., 2020) tentang pemanfaatan tempurung lontar (*Borassus flabellifer* L) sebagai arang aktif yang diaktivasi menggunakan kalium hidroksida (KOH) dan asam sulfat (H_2SO_4) menunjukkan hasil yang cukup berbeda. Arang aktif tempurung lontar teraktivasi KOH menunjukkan kualitas kategori baik sesuai SNI 06-3730 (1995) dengan presentase kualitas arang aktif yang dihasilkan adalah kadar air 6,56% (w/w); kadar abu 8,55% (w/w); bilangan iodine 2163,36 $mg\ g^{-1}$; dan daya serap metilen biru 438,52 $mg\ g^{-1}$. Untuk arang aktif yang teraktivasi H_2SO_4 menunjukkan hasil yang berbeda yaitu kadar air 2,80%;

kadar abu 4,71% (w/w); dan bilangan iodine 217,37 $mg\ g^{-1}$. Dari kedua aktivator ini ada perbedaan kualitas arang aktif. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi arang aktif dengan aktivator berbeda akan memberikan struktur pori yang berbeda (Pambayun dkk., 2013). Proses aktivasi arang aktif juga bisa menggunakan aktivator lain seperti asam fosfat (H_3PO_4) dan katalis (seperti $ZnCl_2$). Arang aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon seperti tempurung lontar (Adinata dkk., 2007). Selain itu bisa juga dengan melakukan modifikasi arang aktif dengan senyawa lain untuk meningkatkan manfaatnya.

Aplikasi arang aktif juga menjadi lebih luas. Misalnya di lingkungan, arang aktif bisa bertindak sebagai adsorben. Salah satu masalah lingkungan khususnya perairan adalah banyaknya limbah pengotor seperti logam dan zat warna. Dengan demikian uji kemampuan arang aktif juga penting dilakukan untuk melihat daya serap arang aktif terhadap limbah. Penelitian ini dilakukan untuk menguji kemampuan arang aktif dalam mengurangi jumlah Metilen Biru (MB) melalui mekanisme adsorpsi. MB merupakan salah satu molekul zat warna kationik yang dapat berinteraksi dengan baik dengan adsorben (seperti arang aktif). Penelitian yang dilakukan oleh Falahiyah (2015) dan Dwijayanti dkk. (2020) menunjukkan bahwa MB dapat terserap dengan baik menggunakan abu dari sabut kelapa dan tempurung kelapa (4,533 $mg\ g^{-1}$) dan abu layang batubara teraktivasi NaOH (500 $mg\ g^{-1}$) melalui mekanisme adsorpsi. Zat warna ini biasanya digunakan dalam industri tekstil dan menjadi bagian dari sumber pencemaran lingkungan.

Adsorpsi adalah akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben melalui gaya tarik menarik antar molekul atau akibat medan gaya permukaan yang mampu menarik molekul lain. Metode ini dipilih karena masih digunakan untuk penelitian sampai sekarang. Keunggulan metode ini adalah biaya murah, desain proses sederhana, dan mudah dalam pengoperasiannya. Kemampuan adsorpsi dari suatu zat bergantung pada jenis adsorben yang digunakan. Adsorben dari karbon aktif memiliki kemampuan yang cukup tinggi dalam mengadsorpsi adsorbat dan reaktif namun memiliki harga yang mahal. Dengan demikian perlu dilakukan upaya untuk memanfaatkan bahan alam yang berpotensi untuk menghasilkan arang aktif (Sihombing, 2019).

Pembuatan arang aktif tempurung lontar (AAtl) dilakukan dengan cara aktivasi arang tempurung. Aktivasi dilakukan menggunakan aktivator kalium hidroksida (KOH) dan asam sulfat (H_2SO_4). Tujuannya adalah untuk menghilangkan pengotor, memperbesar luas permukaan, dan meningkatkan daya serap dari adsorben (Nurfitri dkk., 2019; Apriani dkk., 2013; Asrijal dkk., 2014). Mekanisme adsorpsi dari MB terhadap AAtl selanjutnya dievaluasi menggunakan model kinetika pseudo orde pertama dan pseudo orde kedua serta isoterm adsorpsi secara Langmuir atau Freundlich.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tempurung lontar (*Borrassus flabellifer* L.) dari pesisir pantai Oesapa, Nusa Tenggara Timr; Kalium

Hidroksida Merck; asam sulfat p.a Merck; Metilen Biru (MB) teknis 100 mL. Alat yang digunakan adalah Spektrofotometer UV-Vis *Evolution* 201; *kiln drum* modifikasi; *Shakerorbital shaker optima* 08-762; ayakan *stainless* 65 mesh; peralatan gelas.

Pembuatan Arang Aktif Tempurung Lontar (*Borrassus flabellifer* L.)

Proses pembuatan arang aktif tempurung lontar ini merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Lano dkk. (2020). Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya. Tahap awal adalah persiapan tempurung lontar dari pesisir pantai Oesapa, Nusa Tenggara Timur, dibersihkan dan dicuci. Selanjutnya tempurung dikeringkan selanjutnya dikarbonisasi sesuai metode pirolisis sederhana menggunakan *kiln drum* modifikasi. Pembakaran dihentikan jika asap putih yang keluar dari lubang drum sudah berhenti. Selanjutnya dilakukan aktivasi menggunakan KOH 0,5 M; 1,0 M; dan 1,5 M. Perbandingan arang dan aktivator adalah 1:5 (w/v). Aktivasi lain juga dilakukan menggunakan H_2SO_4 1,0 M. Aktivasi dilakukan selama 68 jam. Setelah itu, campuran disaring dan dicuci sampai pH netral. Selanjutnya arang hasil aktivasi dikeringkan menggunakan suhu $110^{\circ}C$ selama 3 jam. Arang aktif tempurung lontar (AAtl) siap digunakan untuk aplikasi selanjutnya.

Uji Adsorpsi Metilen Biru (MB)

Studi adsorpsi MB pada AAtl dimulai dari penentuan panjang gelombang maksimum MB pada kisaran panjang

gelombang 600-700 nm menggunakan konsentrasi MB 7 ppm. Selanjutnya dibuat kurva standar pada variasi konsentrasi MB 0 ppm; 1 ppm; 3 ppm; 5 ppm; 7 ppm; 9 ppm; dan 10 ppm. Dari kurva standar ini akan diperoleh persamaan regresi linear $y = ax + b$. selanjutnya dilakukan uji adsorpsi sesuai prosedur sebagai berikut sebanyak 0,05 g AAtl dicampurkan dengan 100 mL MB 7

ppm. Campuran di *shaker* selama 180 menit dengan kecepatan 100 rpm. Setiap waktu t menit, campuran diambil 3 mL bagian (variasi $t = 0, 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 120, 150,$ dan 180 menit). Selanjutnya diukur absorbansi setiap bagian yang sudah diambil pada $\lambda_{maks.}$. Pengukuran absorbansi ini dilakukan pada 4 jenis variasi AAtl yang dihasilkan.

Pengukuran kapasitas adsorpsi mengikuti persamaan: $Q = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m}$ (1)

Pengukuran kinetika adsorpsi mengikuti persamaan:

a. Pseudo orde pertama : $\text{Log}(q_e - q_t) = \text{Log}q_e - \frac{k_1}{2,303} \cdot t$ (2)

b. Pseudo orde kedua : $\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$ (3)

Pengukuran isoterm adsorpsi mengikuti persamaan:

a. Model isoterm Langmuir: $\frac{c_e}{q_e} = \frac{1}{K_L \cdot q_m} + \frac{c_e}{q_m}$ (4)

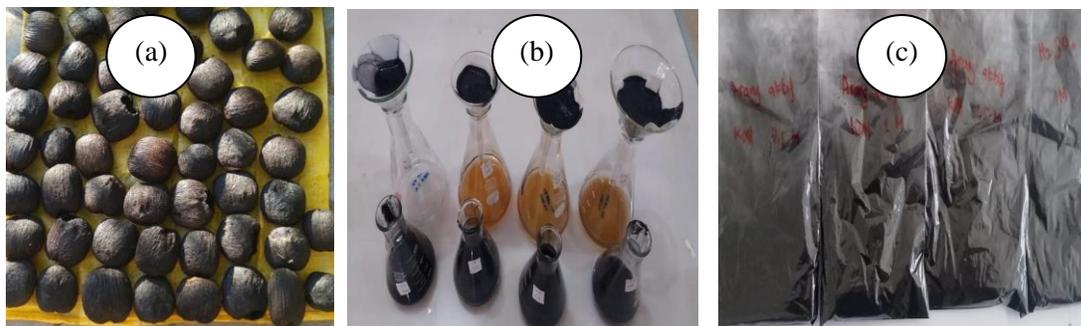
b. Model isoterm Freundlich: $\text{Log } q_e = \text{Log } K_f + \frac{1}{n} \text{Log } c_e$ (5)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Arang Aktif Tempurung Lontar (AAtl)

Penelitian tentang studi adsorpsi MB pada AAtl telah dilakukan. Karakterisasi

dilakukan berdasarkan jenis aktivator yaitu kalium hidroksida (KOH) dan asam sulfat (H_2SO_4). Proses pembuatan arang aktif tempurung lontar terdiri dari 2 tahap yaitu karbonisasi dan aktivasi.



Gambar 1. Proses pembentukan arang aktif: a). Tempurung lontar; b). Aktivasi arang menggunakan KOH (variasi $x M = 0,5; 1,0;$ dan $1,5$) dan $1 M \text{H}_2\text{SO}_4$ selama 68 jam, pH netral ($\text{pH} = 7$); serta c). Arang Aktif tempurung lontar yang dihasilkan (hasil oven 3 jam) (olahan: Nitsae, dkk., 2020)

Aktivasi dilakukan untuk menghilangkan pengotor, meningkatkan luas permukaan dan fungsi kerja dari bahan atau zat yang dihasilkan. Dalam penelitian

ini aktivator yang digunakan adalah kalium hidroksida (KOH) dan asam sulfat (H_2SO_4). Kedua aktivator ini dipilih berdasarkan sifatnya yaitu asam-basa. Aktivasi dilakukan

pada berbagai variasi konsentrasi. Tujuannya adalah pada konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya perombakan struktur dan pemutusan ikatan sehingga akan meningkatkan situs aktif yang dapat berinteraksi dengan adsorbat. Proses adsorpsi dapat terjadi jika ada kesesuaian sifat antara adsorben dan adsorbat. Bila adsorben yang berinteraksi adalah sisi aktif berupa kation maka adsorpsi maksimal akan terjadi pada adsorbat yang berupa anion, ataupun sebaliknya. Pada penelitian ini, menggunakan KOH dan H₂SO₄ sebagai aktivator. KOH yang memiliki muatan aktif -OH⁻ sedangkan H₂SO₄ yang memiliki muatan aktif H⁺ akan mampu menukar anion dan kation AAtl dan mampu melarutkan pengotor dari kisi-kisi struktur arang yang dihasilkan. Interaksi yang terjadi dilakukan selama 68 jam untuk masing-masing aktivator. Tujuannya adalah untuk memaksimalkan proses pengaktifan. AAtl yang dihasilkan memiliki ukuran yang seragam karena berbentuk serbuk berukuran 65 mesh. Oleh karena berbentuk seragam maka interaksi yang terjadi akan semakin besar karena luas permukaan arang aktifnya juga semakin besar.

Studi Adsorpsi Methylene Blue (MB) Terhadap Arang Aktif Tempurung Lontar (AAtl)

Penentuan panjang gelombang optimum dari MB dilakukan pada rentang 600-700 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Panjang gelombang optimum adalah kondisi di mana konsentrasi terkecil dapat memberikan absorbansi yang maksimal. Panjang gelombang optimum dikenal sebagai panjang gelombang kerja

($\lambda_{maks.}$). Pada panjang gelombang ini terpenuhi jika dilakukan pengukuran secara berulang pada waktu yang berbeda dan peneliti yang berbeda maka kesalahan yang ditimbulkan juga kecil. Alasan rentang panjang gelombang pada MB ini dibuat adalah MB memiliki warna komplementer biru yang mempunyai spektrum cahaya pada rentang yang ditetapkan sehingga untuk penentuan $\lambda_{maks.}$ digunakan rentang pada daerah panjang gelombang tersebut.

Penentuan panjang gelombang MB pada penelitian ini diperoleh $\lambda_{maks.}$ adalah 663,92 nm dengan absorbansi 0,377 dengan mengabaikan pengaruh pH. MB merupakan molekul terkonjugasi yaitu molekul yang memiliki ikatan rangkap berselang-seling. MB memiliki pasangan elektron ϕ (π) yang mudah dieksitasi ke orbital yang lebih tinggi. Transisi elektron π dilambangkan $\pi - \pi^*$ yang mana sebuah elektron π ditingkatkan dari satu orbital *bonding* ke suatu orbital *antibonding*. Oleh karena MB adalah molekul terkonjugasi maka terjadi pemisahan energi antara tingkat dasar dan tereksitasi sehingga sistem dapat menyerap pada panjang gelombang yang lebih panjang. Terjadinya resonansi pada sistem terkonjugasi menunjukkan bahwa elektron terkonjugasi kurang kuat terikat dari elektron tak terkonjugasi (Day & Underwood, 2002).

Pembuatan kurva standar MB dilakukan pada variasi konsentrasi yaitu 0 ppm; 1 ppm; 3 ppm; 5 ppm; 7 ppm; 9 ppm; dan 10 ppm. Selanjutnya pengukuran dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada $\lambda_{maks.}$ yang sudah diperoleh. Tujuan pembuatan kurva standar ini adalah untuk membuat kurva hubungan antara

absorbansi dengan konsentrasi berdasarkan hukum Lambert-Beer. Artinya, intensitas yang diteruskan oleh larutan adsorbat berbanding lurus dengan konsentrasi larutan. Hasil diperoleh menunjukkan $y = 0,051x + 0,025$ dengan $R^2 = 0,989$. Berdasarkan persamaan regresi ini maka dapat dilanjutkan untuk menentukan kinetika dan isoterm adsorpsi.

Variasi waktu kontak dilakukan untuk mengetahui lama waktu optimum yang dibutuhkan oleh suatu adsorben dalam mengadsorpsi adsorbat sampai terbentuknya kesetimbangan. Variasi waktu kontak yang digunakan dalam penelitian ini untuk MB (Gambar 2.a-d) adalah x menit ($x = 0, 1,5, 10, 15, 20, 25, 30, 45, 60, 120, 150,$ dan 180); konsentrasi MB adalah 7 ppm; massa adsorben adalah $0,05$ gram; dan kecepatan *shaker* 100 rpm. Variasi waktu kontak dilakukan karena waktu kontak dapat mempengaruhi kesetimbangan adsorpsi. Waktu kontak dapat mempengaruhi interaksi maupun gaya tarik-menarik yang terbentuk seperti gaya Van der Waals dan gaya elektrostatis.

Dari data yang dihasilkan pada Gambar 2 menunjukkan bahwa pada rentang waktu $1-60$ menit terjadi kenaikan jumlah MB yang terserap karena semakin lama waktu kontak menyebabkan interaksi antara arang aktif dan MB semakin besar sedangkan pada rentang waktu selanjutnya mencapai kesetimbangan (menit ke- 120 sampai 180). Hal ini disebabkan karena pada waktu yang lebih lama jumlah pori pada arang aktif sudah mengalami kondisi jenuh (tidak mampu lagi untuk mengadsorpsi MB). Gambar 2 juga menunjukkan bahwa jumlah MB yang terserap mengalami

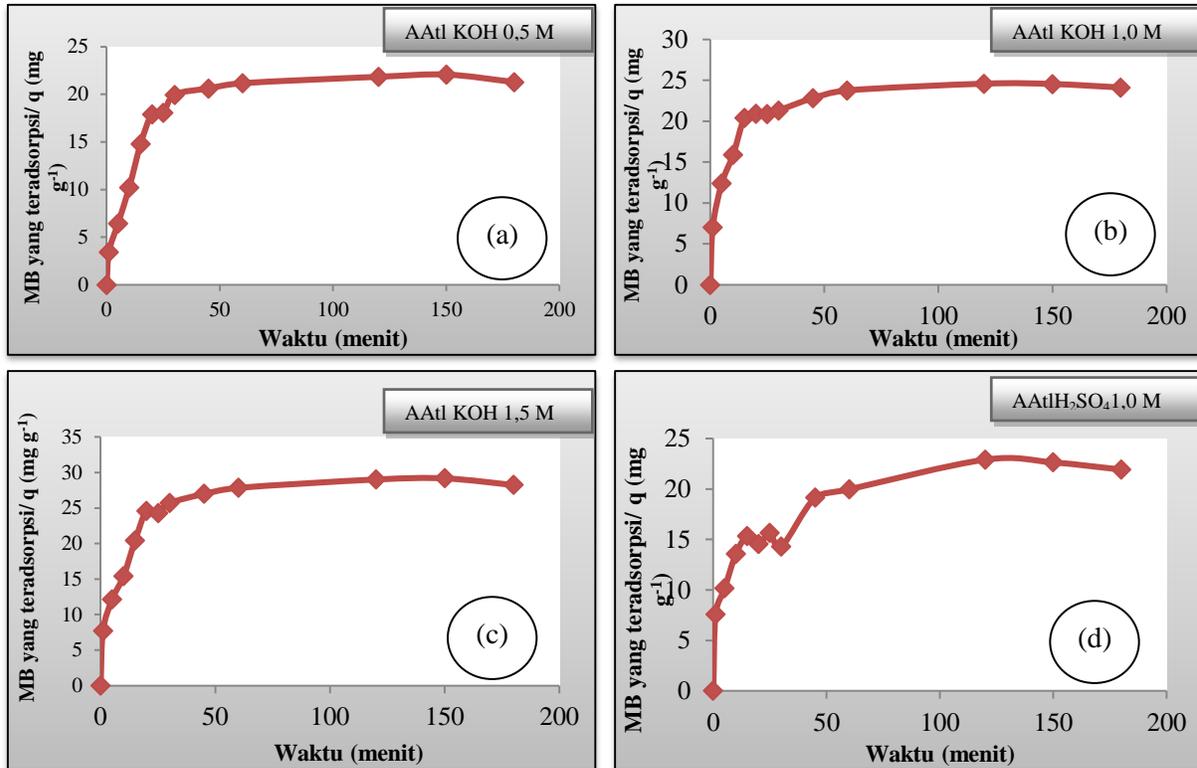
kesetimbangan pada menit ke- 60 (AAI KOH $0,5$ M; AAI KOH $1,0$ M; dan AAI KOH $1,5$ M) secara berturut-turut yaitu $27,18$ mg g⁻¹; $23,76$ mg g⁻¹; dan $27,84$ mg g⁻¹. Untuk AAI H₂SO₄ $1,0$ M; jumlah MB yang teradsorpsi adalah $22,90$ mg g⁻¹ pada $t = 120$ menit. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi optimum dalam aktivasi arang tempurung lontar untuk adsorpsi MB adalah KOH $1,5$ M.

Kinetika dan Isoterm Adsorpsi

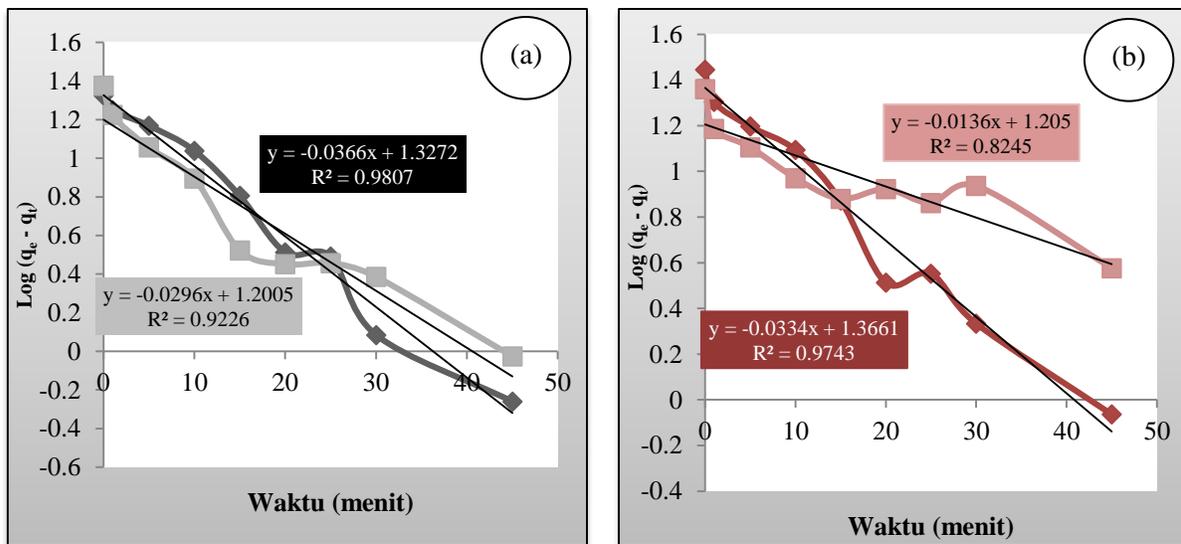
Kinetika adsorpsi dilakukan untuk menyelidiki dan memahami tentang mekanisme dan laju adsorpsi. Model kinetika adsorpsi yang sering digunakan adalah pseudo orde pertama dan pseudo orde kedua. Untuk menentukan validitas dari suatu model kinetika maka perlu diperhatikan Δq . Validitas (Δq) menunjukkan bahwa model yang digunakan menggambarkan kinetika adsorpsi suatu adsorbat pada adsorben (Gambar 3, Gambar 4, dan Tabel 1). Pada Gambar 3, Gambar 4, dan Tabel 1 dapat dilihat bahwa model kinetika adsorpsi yang sesuai adalah kinetika adsorpsi pseudo orde kedua. Kesesuaian ini ditandai dengan nilai koefisien korelasi (R^2) yang mendekati 1 jika dibandingkan dengan model kinetika pseudo orde pertama. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme adsorpsi yang terbentuk adalah adsorpsi secara kimia karena adanya ikatan antara molekul adsorbat dan adsorben. Adsorpsi secara kimia umumnya melibatkan ikatan koordinasi sebagai hasil penggunaan bersama pasangan elektron oleh molekul adsorbat dan adsorben (Sihombing, 2019; Rahmawati & Santoso, 2012). Hal ini juga menunjukkan bahwa jika proses

adsorpsi secara fisika hanya akan melibatkan gaya-gaya lemah seperti ikatan hidrogen dan ikatan *Van der Waals*. Dalam

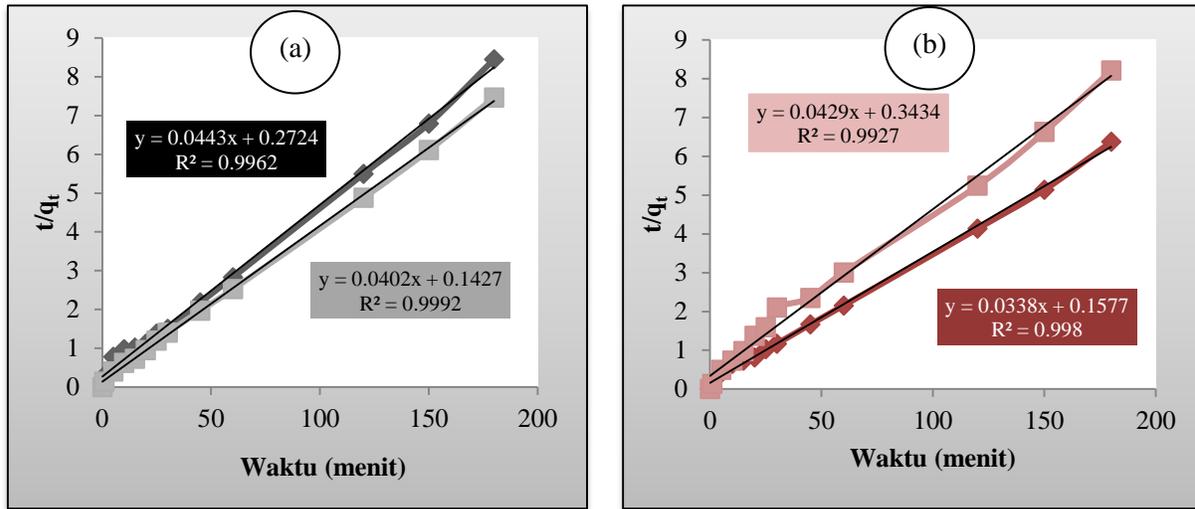
hal ini molekul yang teradsorpsi mudah dilepas kembali dengan cara menurunkan konsentrasi zat terlarut atau tekanan gas.



Gambar 2. Grafik hubungan antara waktu kontak (menit) dan jumlah *Methylene Blue* (MB) yang terserap (mg g^{-1}): a). AAAtl KOH 0,5 M; b). AAAtl KOH 1,0 M; c). AAAtl KOH 1,5 M; dan d). AAAtl H_2SO_4 1,0 M



Gambar 3. Grafik model kinetika adsorpsi pseudo orde pertama hubungan antara waktu kontak (menit) dan $\text{Log}(q_e - q_t)$: a). AAtl KOH 0,5 M dan AAtl KOH 1,0 M; dan b). AAtl KOH 1,5 M dan AAtl H₂SO₄ 1,0 M



Gambar 4. Grafik model kinetika adsorpsi pseudo orde kedua hubungan antara waktu kontak (menit) dan t/q_t : a). AAtl KOH 0,5 M dan AAtl KOH 1,0 M; dan b). AAtl KOH 1,5 M dan AAtl H₂SO₄ 1,0 M

Laju adsorpsi bergantung pada nilai k (konstanta laju kesetimbangan adsorpsi). Semakin cepat proses adsorpsi maka nilai k akan semakin meningkat. Hubungan antara jumlah MB yang teradsorpsi pada saat kesetimbangan (q_e) dengan konstanta laju (k) dapat menunjukkan mekanisme adsorpsi yang terbentuk. Dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa mekanisme adsorpsi antara MB dan AAtl terjadi secara pseudo orde kedua

khususnya pada variasi AAtl KOH 1,5 M ($q_e = 30,30 \text{ mg g}^{-1}$). Nilai ini menunjukkan bahwa mekanisme adsorpsi yang terbentuk adalah secara kimia. Dari nilai laju reaksi yang ada pada Tabel 1 juga menunjukkan bahwa mekanisme adsorpsi pada pseudo orde kedua cenderung terjadi secara lambat sedangkan pseudo orde pertama berlangsung secara cepat (cenderung spontan).

Tabel 1. Parameter Model Kinetika Adsorpsi *Methylene Blue* (MB)

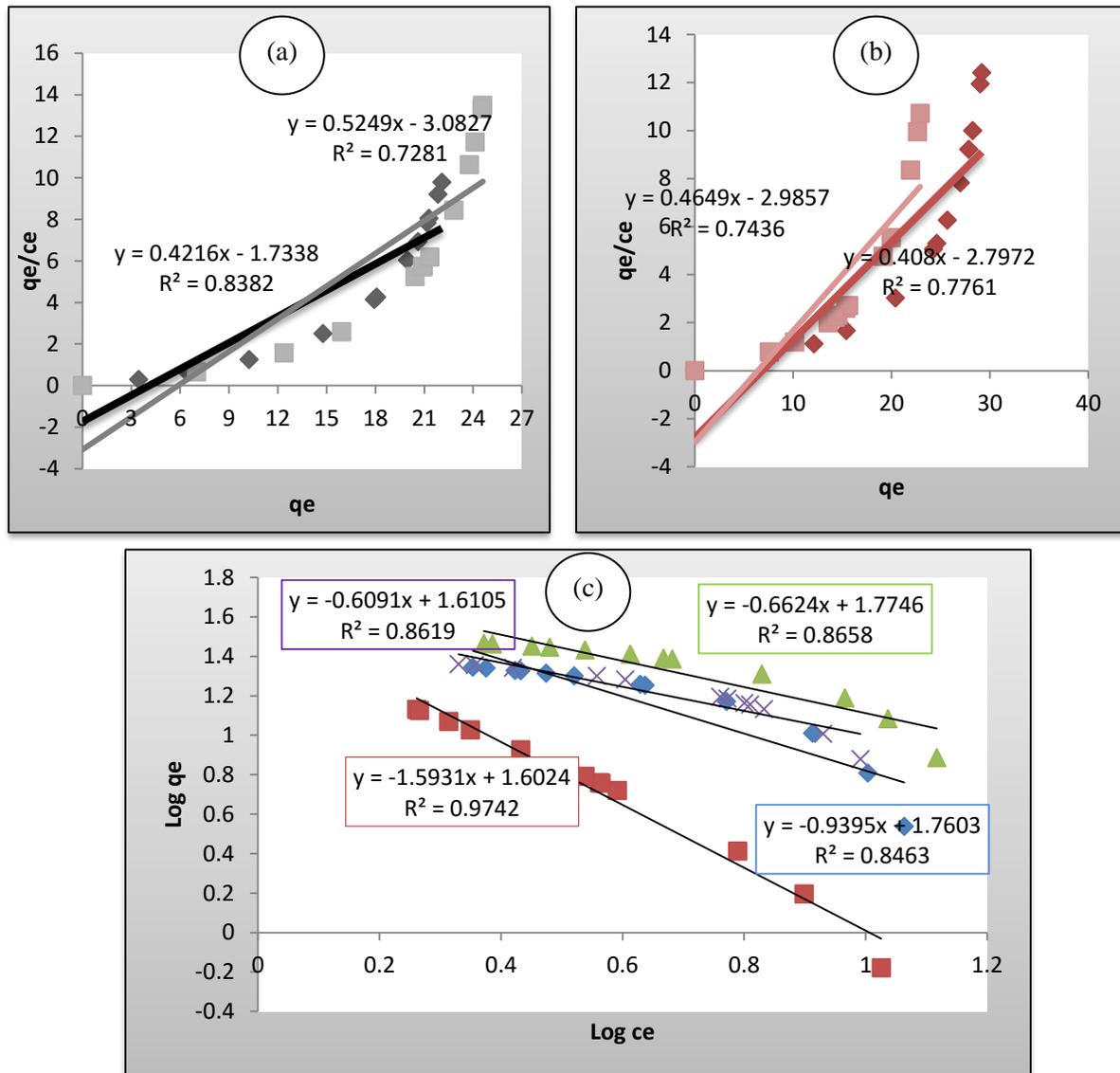
Adsorben	Model	Model kinetika		Jumlah MB teradsorpsi/ q_e (mg g^{-1})	k_1 (1/min)	k_2 (1/min)
		Persamaan	R^2			
AAtl KOH 0,5 M	Pseudo orde pertama	$y = -0,036x + 1,327$	0,980	27,18	1,327	-
AAtl KOH 1,0 M		$y = -0,029x + 1,200$	0,922	23,76	1,200	-
AAtl KOH 1,5 M		$y = -0,033x + 1,366$	0,974	27,84	1,366	-
AAtl H ₂ SO ₄ 1,0 M		$y = -0,013x + 1,205$	0,824	22,90	1,205	-
AAtl KOH 0,5 M	Pseudo orde kedua	$y = 0,044x + 0,272$	0,996	22,72	-	$7,12 \times 10^{-3}$
AAtl KOH 1,0 M		$y = 0,040x + 0,142$	0,999	25,00	-	$1,13 \times 10^{-2}$
AAtl KOH 1,5 M		$y = 0,033x + 0,157$	0,998	30,30	-	$6,94 \times 10^{-3}$
AAtl H ₂ SO ₄ 1,0 M		$y = 0,042x + 0,343$	0,992	23,81	-	$5,14 \times 10^{-3}$

Selanjutnya isoterm adsorpsi dapat dihitung menggunakan isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Interaksi antara adsorben dan adsorbat yang dapat digunakan untuk membantu dalam mendesain sistem adsorpsi dikenal sebagai model isoterm adsorpsi. Isoterm Langmuir digunakan untuk menggambarkan adsorpsi secara kimia sedangkan isoterm Freundlich digunakan untuk model adsorpsi secara fisika. Linearitas dari kedua model isoterm ini dapat dilihat pada Gambar 5. Dari Gambar 5 diperoleh persamaan regresi linear dan koefisien korelasi dari masing-masing model isoterm adsorpsi dan parameter isoterm disajikan dalam Tabel 2. Menurut Sihombing (2014), model isoterm yang sesuai adalah model yang memiliki nilai koefisien korelasi paling tinggi. Maka, sesuai parameter isoterm adsorpsi pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa model isoterm *methylene blue* (MB) menggunakan arang aktif tempurung lontar (AAtl) teraktivasi KOH 1,0 M secara model isoterm Freundlich. Nilai $R^2 = 0,974$. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi yang terjadi cenderung lebih ke arah adsorpsi

secara fisika. Artinya, model adsorpsi yang terbentuk terjadi secara multilapis (*multilayer*). Dari Tabel 2 juga dapat dilihat bahwa kapasitas adsorpsi maksimum tertinggi adalah 1614, 968 mg g^{-1} (AAtl KOH 1,0 M). Di mana ciri penting dari isoterm Langmuir adalah nilai R_L (dimensi kuantitas adsorpsi). Kisaran nilai R_L adalah 0 sampai 1. Jika nilai R_L berada pada nilai kisaran ini maka indikasinya adalah proses adsorpsi berlangsung dengan baik (*favourable*). Pada Tabel 2 terlihat bahwa nilai R_L berada pada kisaran nilai diatas yaitu 0,214-0,259 sehingga dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsinya berjalan dengan baik. Pada persamaan kesetimbangan adsorpsi, jika nilai $1/n$ untuk model isoterm Freundlich kurang dari 1 (< 1) maka proses adsorpsi yang terjadi adalah secara fisika. Di mana jika $R_L = 0$ maka adsorpsi *irreversible*, $R_L = 1$ maka linear; dan $R_L > 1$ bukan merupakan adsorpsi yang baik. Dari data pada Gambar 5 dan Tabel 2 untuk adsorpsi *methylene blue* (MB) dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi yang terjadi berjalan dengan baik berdasarkan nilai R_L dan $1/n$.

Tabel 2. Persamaan regresi linear, koefisien korelasi, dan parameter model isoterm adsorpsi *Methylene Blue*.

Studi Isoterm Adsorpsi	Isoterm Langmuir					Isoterm Freundlich			
	Persamaan	R^2	K_L (mg^{-1})	R_L	$Q_{\text{maks.}}$ (mg g^{-1})	Persamaan	R^2	K_F (mg^{-1})	$1/n$
AAtl KOH 0,5 M	$y = 0,421x - 1,733$	0,838	0,421	0,253	729,59	$y = -0,939x + 1,760$	0,848	0,246	0,568
AAtl KOH 1,0 M	$y = 0,524x - 3,082$	0,728	0,524	0,214	1614,96	$y = -1,593x + 1,602$	0,974	0,205	0,624
AAtl KOH 1,5 M	$y = 0,408x - 2,797$	0,776	0,408	0,259	1141,17	$y = -0,662x + 1,774$	0,865	0,249	0,563
AAtl H_2SO_4 1,0 M	$y = 0,464x - 2,985$	0,743	0,464	0,235	1385,04	$y = -0,609x + 1,610$	0,861	0,207	0,621



Gambar 5. Model isoterm adsorpsi: a). Model isoterm Langmuir untuk AA1 KOH 0,5 M dan AA1 KOH 1,0 M; b). Model isoterm Langmuir untuk AA1 KOH 1,5 M dan AA1 H_2SO_4 1,0 M; serta c). Model isoterm Freundlich (untuk 4 jenis variasi AA1)

Penutup

Berdasarkan hasil penelitian diatas, dapat disimpulkan bahwa studi adsorpsi *Methylene Blue* (MB) pada arang aktif
 Online ISSN: 2528-0422

Tempurung Lontar (AA1) memiliki nilai kapasitas adsorpsi yang cukup tinggi. Studi kinetika dan isoterm adsorpsi menunjukkan bahwa model kinetika adsorpsi MB terhadap

AA_{tl} adalah pseudo orde kedua. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme adsorpsi yang terjadi adalah secara kimia. Akan tetapi perlu diperhatikan bahwa nilai R² dari model kinetika pseudo orde pertama mendekati 0,9 artinya mekanisme adsorpsi secara fisika dan kimia berlangsung bersamaan pada interaksi antara MB dan AA_{tl}. Studi lanjutan terhadap isoterm adsorpsi menunjukkan isoterm adsorpsi cenderung mengikuti pola isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Kristen Artha Wacana yang telah memberikan sumbangan dana dalam Hibah Penelitian Unggulan Universitas Tahun 2020. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu yaitu Laboran Laboratorium Biologi, Pendidikan Biologi FKIP UKAW, Gusyantri E. Taneo, S.Pd., Fakultas KIP, dan teman-teman Prodi Pendidikan Biologi.

Daftar Pustaka

Adinata, D, Dud W.M.A.W, and Aroua M.K .2007. Preparation and characterization of activated carbon from palms shell by chemical activation with K₂CO₃. *Journal Bioresource Technology* 98 : 145-149.

Ainan, U. 2001. Potensi Nira Siwalan (*Borassus flabellifer*. L) sebagai Sumber Bahan Baku Industri untuk Peningkatan Pendapatan di Daerah. Prosiding Seminar Nasional Lustrun III *Universitas Wangsa Manggala Yogyakarta* hlm. 183-189.

Apriani R., I D Faryuni, D. Wahyuni. 2013. Pengaruh Konsentrasi Aktivator

Kalium Hidroksida (KOH) terhadap Kualitas Karbon Aktif Kulit Durian sebagai Adsorben Logam Fe pada Air Gambut. *Prisma Fisika* Vol.1, No.2, hal: 82-86.

- Asrijal, St. Chadijah, Aisyah. 2014. Variasi Konsentrasi Asam Sulfat (H₂SO₄) pada Karbon Aktif Ampas Tebu terhadap Kapasitas Adsorpsi Logam Timbal. *Al-Kimia* Vol.2, No.1, hal: 33-44.
- Ballo, I., 2019, Skripsi: *Pembuatan Arang Aktif Tempurung Saboak (Borassus flabellifer L.) Menggunakan Variasi Konsentrasi Asam Sulfat*, Universitas Kristen Artha Wacana, Kupang- NTT.
- Day, R.A dan A.L. Underwood. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga.
- Dwijayanti, U., Gunawan, D. S. Widodo, A. Haris, L. Suyati, R.A. Lusiana. 2020. Adsorpsi *Methylene Blue* (MB) Menggunakan Abu Layang Batubara Teraktivasi Larutan NaOH. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 5(1). DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/aec.v5.i1.2020.p01-14>
- Falahiyah. 2015. Adsorpsi *Methylene Blue* Menggunakan Abu dari Sabut dan Tempurung Kelapa Teraktivasi Asam Sulfat. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Jawa Timur.
- Fahruri F., D S Megasari. 2020. *Pengaruh Pengaplikasian Masker "Activated Charcoal" untuk Mengurangi Kadar Sebum pada Kulit Wajah Berminyak*. e-jurnal UNNES, Vol.09, No. 2, hal: 147-156.
- Harsanti E S., A N Ardiwinata, A Wihardjakat. 2013. Peranan Arang Aktif dalam mitigasi Residu Pestisida pada Tanaman Komoditas Strategis. *Jurnal Sumber Daya Lahan* Vol. 7, No.2, hal: 57-65.

- Lano, L.A., Ledo, M.E.S., Nitsae, M., 2020, Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Siwalan (*Borassus flabellifer* L.) yang Diaktivasi dengan Kalium Hidroksida, *BIOTA: Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Hayati UAJY* Vol. 5 (1): 8-15.
- Lestari I., D R Gusti, U Lestari. 2019. Introduksi Teknologi Kosmetika dengan Bahan Baku Arang Aktif Cangkang Sawit sebagai Perawatan Kecantikan di Paguyuban PT SNP Desa Parit, Sungai Gelam. *Jurnal Karya Abdi Masyarakat*, Vol.3, No.1, hal: 47-55.
- Nurfitria N., K Febriyantiningrum, W P Utomo, Z V Nugraheni, D D Pangastuti, H Maulida, F N Ariyanti. 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 Kimindo* Vo.4, No.1, hal: 75-85.
- Pambayun, G.S., R.Y.E. Yulianto, M. Rachimoallah dan E. M. M. Putri. 2013. Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator $ZnCl_2$ dan Na_2CO_3 sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenoldalam Air Limbah. *Jurnal Teknik Pomits*.
- Rahmawati A. dan S. J. Santoso. 2012. Studi Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cd (II) pada Asam Humat Dalam Medium Air. *Alchemy*, Vol. 2, No. 1 pp. 46-57.
- Sihombing, Y.P. 2019. *Adsorpsi Zat Pewarna Tekstil Methyl Orange Menggunakan Adsorben Kulit Buah Kakao (Theobroma cacao L)*. Universitas Sumatera Utara.
- Silaban D P. 2018. Sintesis Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa Limbah Mesin Boiler sebagai Bahan Penyerap Logam Cd, Cu, dan Pb. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* Vol.29, No.2, hal: 119-127.
- Woha, U.P. 2011. "Pohon Lontar di Nusa Tenggara Timur". Dinas Perkebunan NusaTenggara Timur. Kupang.