

ADSORPSI METHYLENE BLUE OLEH ARANG AKTIF KULIT BUAH LAI (*Durio kutejensis* (Hassk.)Becc.)

ADSORPTION OF METHYLENE BLUE USING ACTIVE CHARCOAL LAI FRUIT PEEL (*Durio kutejensis* (Hassk.)Becc.)

Erfah Sasmita Aulia, Teguh Wirawan *, Abdul Aziz

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Jalan Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, 75123

*Corresponding Author : teguh.unmul.smd@gmail.com

Article History

Submitted : 12 July 2024

Accepted: 18 June 2025

ABSTRACT

Research has been carried out on the adsorption of methylene blue dye with activated charcoal adsorbent prepared from the peel of Lai fruit (*Durio kutejensis* (Hassk.) Becc.). This research aims to determine the adsorption characteristics of activated charcoal prepared by the carbonization method at 450°C for 1 hour in a furnace and activated by soaking and shaking in a 2 M HCl activator solution for 24 hours. Characterization of the functional groups of compounds in activated charcoal was carried out using Fourier Transform Infra-Red (FTIR) spectroscopy. The surface morphology of activated charcoal studied by Scanning Electron Microscopy (SEM) shows a large number of pores. The FTIR spectrum of fruit peel activated charcoal reveals the O-H group at wave number 3425.58 cm⁻¹, the C-H group at wave number 2924.09 cm⁻¹, the aromatic C-H group at wave number 1442.75 cm⁻¹, the C-O group at wave number 1319.31 cm⁻¹. The optimum conditions for adsorption of methylene blue dye were achieved at optimum pH 9, optimum time 60 minutes, optimum temperature 30°C, maximum adsorption capacity 117.965 mg/g by following the Freundlich isotherm and adsorption occurred physically.

Keywords: Adsorption, Lai Peel, Methylene Blue.

1. PENDAHULUAN

Kalimantan Timur adalah salah satu provinsi di Indonesia yang merupakan daerah asal dan endemik dari buah lai. Buah lai merupakan buah yang termasuk ke dalam genus *Durio* dengan nama latin *Durio kutejensis* (Hassk.) Becc yang menandakan buah lai masih satu jenis yang sama dengan durian (*Durio zibethinus*).¹ Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pampang *et al* kulit durian memiliki kandungan hemiselulosa sebanyak 13,09 %, selulosa sebanyak 60,45 %, lignin 15,45 % dan abu sebanyak 4,35 %.² Umumnya masyarakat hanya mengkonsumsi daging buahnya saja sehingga menyisakan kulit lai yang banyak dan menjadi limbah. Oleh karena itu limbah kulit lai dimanfaatkan untuk dijadikan karbon aktif yang berfungsi sebagai adsorben untuk mengadsorpsi zat warna.

Industri tekstil merupakan salah satu industri yang memberikan kontribusi besar di Indonesia. Namun di lain sisi penggunaan zat warna kimia oleh industri tekstil telah memberikan beberapa dampak negatif terhadap lingkungan.³ tersebut harus dituliskan sebagai huruf.¹

Methylene Blue adalah salah satu dari zat warna yang banyak digunakan di berbagai industri tekstil.⁴ *Methylene Blue* merupakan zat warna kationik yang memiliki struktur senyawa kimia aromatik heterosiklik dan memiliki efek toksik yang tinggi, dapat menyebabkan iritasi kulit dan bersifat

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



karsinogenik.⁵ Beberapa metode dapat digunakan untuk menangani limbah zat warna yaitu sistem lumpur aktif, proses oksidasi, elektro degradasi, elektrokoagulasi, dan fotodegradasi.⁶ Selain metode tersebut, salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengurangi pencemaran dari zat warna di lingkungan dengan metode yang murah namun efektif yaitu dengan cara menggunakan metode adsorpsi.⁷

Berdasarkan uraian tersebut metode adsorpsi digunakan karena memiliki beberapa kelebihan, diantaranya yaitu proses yang relatif sederhana, efektifitas dan efisiensi yang cukup tinggi dan tidak memiliki efek samping menghasilkan limbah zat yang beracun. Selain efektifitas dan efisiensi yang tinggi, penggunaan metode adsorpsi dipilih untuk mengolah zat warna karena rendah kebutuhan energi dan dapat menggunakan berbagai jenis adsorben.⁸

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengembangkan metode adsorpsi dengan arang aktif yang diolah dari kulit lai sebagai adsorben zat warna. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu metode dalam memanfaatkan limbah kulit lai dan metode dalam proses adsorpsi zat warna *methylene blue*. dimana penentuan kondisi optimum setiap variasi ditentukan dengan hasil pengukuran absorbansi dengan menggunakan Spektrofotometri UV-Vis sehingga dapat ditentukan kondisi optimum dari pH, waktu kontak dan kapasitas adsorpsi zat warna *methylene blue* oleh arang aktif kulit buah lai. Karakterisasi terhadap arang aktif kulit buah lai dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

2. METODE

2.1 Alat dan Bahan

2.1.1. Alat

Penelitian ini menggunakan alat-alat sebagai berikut yaitu gelas kimia, labu Erlenmeyer, labu takar, corong kaca, neraca analitik, batang pengaduk, spatula, botol reagen, pH meter, *stopwatch*, cawan porselen, *bulp*, pipet ukur, pipet volume, ayakan 60 *mesh*, oven, *shaker*, *furnace*, *moisture balance*, spektrofotometer UV-Vis Orion AquaMate 8100, FTIR Orion AquaMate 8100 dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) Thermo Fisher Scientific Phenom P-Series Serial Number MVE086679-60391-S Netherlands Manufactured.

2.1.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang aktif kulit buah lai, aquadest, plastik *wrap*, *aluminium* foil, zat warna *methylene blue*, pH universal, NaOH 1M, dan HCl 2M.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1. Preparasi Sampel

Kulit buah lai dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari. Kemudian dipotong menjadi bagian-bagian kecil lalu dihaluskan. Serbuk dari kulit buah lai diayak menggunakan ayakan 60 *mesh*. Serbuk kulit buah lai dikarbonasi menggunakan *furnace* pada suhu 450°C selama 1 jam hingga terbentuk arang. Arang kulit buah lai didinginkan kemudian diayak menggunakan ayakan 60 *mesh*. Sebanyak 30 gram arang kulit buah lai yang telah dipreparasi diaduk menggunakan *stirrer* dengan larutan aktivator HCl 2M sebanyak 250 mL selama 2 jam dan direndam selama 24 jam. Arang kulit buah lai diaduk kembali menggunakan *stirrer* selama 2 jam dan disaring. Arang aktif kulit buah lai yang telah teraktivasi kimia dicuci menggunakan aquadest hingga pH sama dengan pH aquadest dan dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 4 jam.

2.2.2. Uji Adsorpsi Terhadap Zat Warna Methylene Blue Pada Penentuan Variasi Ph, Waktu, Konsentrasi, dan Suhu

Arang aktif kulit buah lai sebanyak masing-masing 0,01 gram dimasukkan ke dalam masing-masing 25 mL larutan zat warna *methylene blue* 20 mg/L yang telah diatur pH-nya dengan variasi 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; dan 10 kemudian campuran diaduk dengan menggunakan *shaker* selama 30 menit. Pada variasi waktu, larutan diatur pada pH 9 dan di-*shaker* dengan variasi waktu 5; 10; 30; 45; 60; 75; 90; dan 120 menit. Dilakukan prosedur yang sama pada variasi konsentrasi, larutan diatur pada pH optimum dengan variasi konsentrasi 10; 20; 30;

50; 150; 200; 350; dan 500 mg/L lalu di-shaker dengan waktu optimum. Campuran dipisahkan dengan cara penyaringan. Filtrat diambil dan ditentukan konsentrasi zat warna *methylene blue* menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

2.3 Analisis Data

2.3.1. Uji Karakterisasi Kadar Air dan Kadar Abu

Pada uji kadar air, piring dimasukkan ke dalam alat *moisture balance* kemudian ditutup dan diklik tanda *tare* hingga angka menunjukkan nol. Selanjutnya arang aktif kulit buah lai dimasukkan sebanyak 1 gram hingga layar berwarna hijau. Ditunggu proses pengeringan hingga alat menampilkan angka dan dicatat.⁹ Kemudian pada uji kadar abu, arang aktif kulit buah lai yang sudah diaktivasi secara fisika dan kimia ditimbang sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke dalam cawan porselin yang sudah dicatat beratnya. Arang aktif kulit buah lai dipanaskan dalam oven dengan suhu 810°C selama ± 3 jam. Kemudian arang aktif kulit buah lai didinginkan menggunakan desikator selama 15 menit lalu ditimbang. Prosedur dilakukan secara berulang hingga diperoleh berat konstan.¹⁰ Perhitungan kadar abu dilakukan dengan menggunakan **Persamaan 1**.

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{b}{a} \times 100 \% \quad \text{Persamaan 1}$$

Keterangan:

a = Massa awal arang aktif (g)

b = Massa akhir arang aktif (g)

2.3.2. Uji Karakterisasi Fourier Transform Infrared (FTIR)

Arang aktif kulit buah lai dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui adanya gugus fungsi dari arang aktif kulit buah lai.

2.3.3. Uji Karakterisasi Scanning Electron Microscopy (SEM)

Arang aktif kulit buah lai dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui morfologi permukaan pada arang aktif kulit buah lai.

2.3.4. Penentuan Luas Permukaan Arang Aktif Kulit Buah Lai

Arang aktif kulit buah lai sebanyak 0,1 g dimasukkan ke dalam 50 mL *methylene blue* 50 mg/L dan diaduk dengan menggunakan *shaker* selama 30 menit. Kemudian campuran dipisahkan dengan cara disaring dan filtrat ditentukan konsentrasi *methylene blue* dengan instrumen spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mulyati (2017),¹¹ luas permukaan dapat dihitung dengan **Persamaan 2** dan **3**.

$$X_m \frac{V \times C}{W} \quad \text{Persamaan 2}$$

$$\text{Luas permukaan} = \frac{X_m \times N \times A}{M_r} \quad \text{Persamaan 3}$$

Keterangan:

X_m = Kapasitas adsorpsi methylene blue (mg/g)

V = Volume larutan (L)

C = Konsentrasi methylene blue yang teradsorpsi (mg/L)

N = Bilangan avogadro ($6,02 \times 10^{-23}$ m²/molekul)

A = Luas penampang (197×10^{-20} m²/molekul)

M_r = Massa relatif Methylene Blue (g/mol)

W = Berat adsorben (g)

2.3.5. Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Menurut Anggriani *et al* (2021),¹² kapasitas adsorpsi dari suatu adsorben bisa dihitung dengan **Persamaan 4**.

$$q = \left(\frac{C_0 - C_e}{m} \right) \times V \quad \text{Persamaan 4}$$

Keterangan:

q = Kapasitas adsorpsi per bobot molekul (mg/g)

C_0 = Konsentrasi awal larutan (mg/L)
 C_e = Konsentrasi akhir larutan (mg/L)
 V = Volume larutan (mL)
 M = Massa adsorben yang digunakan (g)

2.3.6. Penentuan Isoterm Adsorpsi

Penentuan isoterm Langmuir dilakukan dengan cara membuat grafik antara C_e/Q (sumbu y) dan $1/C_e$ (sumbu x) dengan $1/q_m$ adalah *slope*. Sedangkan penentuan isoterm adsorpsi Freundlich dilakukan dengan cara membuat grafik antara $\log Q$ sebagai sumbu y dan $\log C_e$ sebagai sumbu x dengan $1/n$ sebagai *slope*. Isoterm dapat dilihat dari nilai R^2 dimana jika nilainya lebih besar maka nilai tersebut sesuai dengan isoterm. Menurut Miri dan Narimo (2022),¹³ isoterm adsorpsi Langmuir dapat dinyatakan dengan **Persamaan 5**.

$$\frac{C_e}{Q} = \frac{1}{b \cdot q_m} + \frac{C_e}{q_m} \quad \text{Persamaan 5}$$

Keterangan:

C_e = konsentrasi adsorbat pada larutan setelah adsorpsi (mg/L)
 Q = jumlah adsorbat teradsorpsi per bobot adsorben (mg/g)
 b = konstanta kesetimbangan adsorpsi (L/mg)
 q_m = kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben (mg/g)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Murthihapsari *et al* (2012),¹⁴ persamaan isoterm Freundlich dapat dituliskan pada **Persamaan 6**.

$$\log Q = \log k + \frac{1}{n} \log C_e \quad \text{Persamaan 6}$$

Keterangan:

C_e = konsentrasi adsorbat pada larutan setelah adsorpsi (mg/L)
 k = konstanta adsorpsi Freundlich
 n = konstanta empiris
 Q = jumlah adsorbat teradsorpsi per bobot adsorben (mg/g)

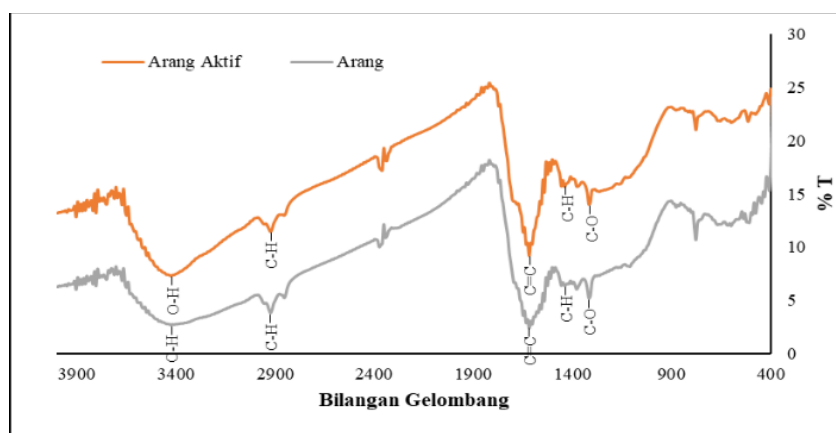
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisa Kadar Air dan Kadar Abu

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi arang aktif kulit buah lai terhadap kadar air dengan tujuan untuk mengetahui banyaknya air yang menutupi pori-pori arang aktif. Hasil pengujian kadar air arang aktif serbuk kulit buah lai yaitu sebesar 8,67%. Nilai tersebut memenuhi SNI 06-3730-1995 dengan nilai kadar air di bawah 15%. Semakin banyak kadar air pada adsorben maka akan menghambat daya serap adsorben terhadap adsorbat.¹⁵ Sedangkan pengujian kadar abu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui banyaknya sisa kandungan mineral yang tersisa pada arang aktif. Hasil pengujian kadar abu arang aktif kulit buah lai sebesar 0,65 %. Nilai tersebut memenuhi SNI 06-3730-1995 dengan nilai kadar abu dibawah 15 %. Menurut Pradhana *et al* (2021), semakin banyak kadar abu pada adsorben maka akan menyebabkan penyumbatan pori-pori adsorben karena adanya mineral yang masih sehingga dapat mempengaruhi daya serap terhadap adsorbat.¹⁵

3.2 Hasil Analisa Fourier Transform Infrared (FTIR)

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi terhadap arang kulit buah lai sebelum diaktivasi dan arang aktif kulit buah lai dengan menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR) yang memiliki fungsi yaitu untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang ada pada arang kulit buah lai dan arang aktif kulit buah lai. Hasil karakterisasi dapat dilihat pada **Gambar 1**.

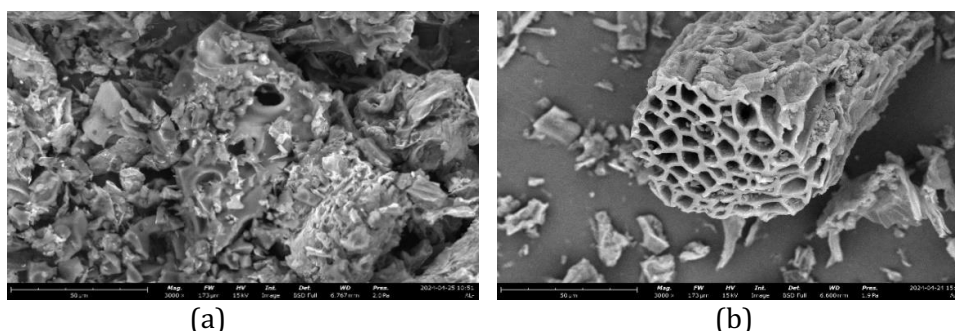


Gambar 1. Spektrum FTIR arang kulit buah lai sebelum dan setelah aktivasi

Berdasarkan spektrum FTIR diperoleh hasil yaitu pada arang kulit buah lai dan arang aktif kulit buah lai tidak ada perbedaan yang signifikan pada bilangan gelombangnya. Pada bilangan gelombang $3425,58 \text{ cm}^{-1}$ menandakan adanya gugus O-H, pada bilangan gelombang $2924,09 \text{ cm}^{-1}$ menandakan adanya gugus C-H alifatik, pada bilangan gelombang $1442,75 \text{ cm}^{-1}$ menandakan adanya gugus C-H aromatik dan pada bilangan gelombang $1319,31 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C-O. Menurut Setiawan *et al* (2017), arang dan arang aktif memiliki pola serapan dengan jenis ikatan -OH, C-H, C=C dan CO.¹⁶ Jenis ikatan O-H dan C-O menandakan bahwa arang ataupun arang aktif memiliki sifat yang cenderung sama yaitu sifat polar. Berdasarkan penelitian Wibawati *et al* (2018) jika sebagian besar data yang terlihat tidak terjadi pergeseran yang signifikan maka dapat diasumsikan adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi fisika.¹⁷

3.3 Hasil Scanning Electron Microscopy (SEM) Arang Aktif Kulit Buah Lai

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi terhadap arang kulit buah lai sebelum diaktivasi dan arang aktif kulit buah lai dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dengan tujuan untuk mengetahui morfologi permukaan arang kulit buah lai dan arang aktif kulit buah lai. Hasil karakterisasi SEM dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Citra SEM **(a)** arang kulit buah Lai, **(b)** arang aktif kulit buah Lai, pembesaran 3000x

Berdasarkan **Gambar 2**, diperoleh hasil karakterisasi SEM pada arang kulit buah lai memiliki bentuk permukaan yang memiliki pori-pori tetapi hanya sedikit pori-pori yang terbentuk, sedangkan pada arang aktif kulit buah lai terbentuk pori-pori dengan jumlah yang banyak. Menurut Wardani *et al* (2021), rongga dan pori-pori yang terbentuk pada arang aktif kulit buah lai diakibatkan adanya panas selama proses karbonasi sehingga menyebabkan dekomposisi pada senyawa organik seperti lignin, selulosa dan hemiselulosa.¹⁸ Selain itu, penggunaan aktivator juga sangat berpengaruh terhadap terbentuknya pori-pori besar karena penggunaan aktivator HCl dapat menurunkan jumlah senyawa hidrokarbon yang masih menutupi permukaan arang.¹⁹

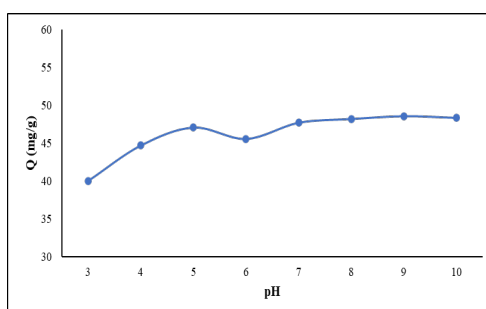
3.4 Penentuan Luas Permukaan Adsorben

Penentuan luas permukaan *methylene blue* dilakukan pada sampel arang aktif kulit buah lai untuk mengetahui kemampuan arang aktif mengadsorpsi adsorbat.¹⁵ Hasil perhitungan luas permukaan arang aktif kulit buah lai terhadap *methylene blue* diperoleh sebesar 74,4578 m²/g. Luas permukaan arang aktif akan semakin bertambah seiring dengan semakin besar pori-pori, sehingga kemampuan adsorpsi dari arang aktif semakin meningkat. Jika kemampuan adsorpsi arang aktif semakin meningkat maka kualitas arang aktif tersebut semakin baik.²⁰

3.5 Uji Adsorpsi Terhadap Zat Warna *Methylene Blue*

3.5.1 Variasi pH

Pada penelitian dilakukan uji dengan variasi pH yang bertujuan untuk mengetahui pH optimum pada zat warna *methylene blue* untuk dilakukan adsorpsi menggunakan adsorben arang aktif kulit buah lai. Berikut grafik variasi pH terhadap kapasitas adsorpsi zat warna *methylene blue* oleh adsorben arang aktif kulit buah lai pada **Gambar 3**.

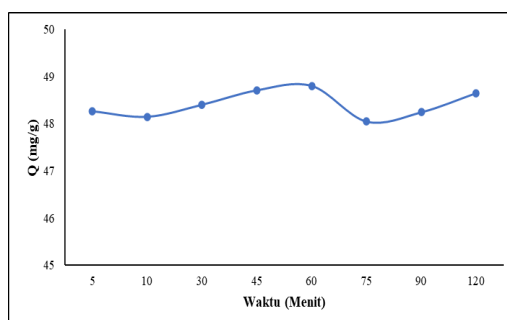


Gambar 3. Kapasitas adsorpsi arang aktif kulit buah lai terhadap zat warna *methylene blue* pada berbagai pH

Berdasarkan hasil pada **Gambar 3** diperoleh pH optimum dari adsorben arang aktif kulit buah lai untuk mengadsorpsi zat warna *methylene blue* berada pada pH 9 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 48,56 mg/g dan persen teradsorpsi sebesar 97,12 %. Berdasarkan pada data diperoleh kapasitas adsorpsi rendah pada pH asam, kemudian meningkat hingga mencapai optimum pada pH 9. Hal ini sejalan dengan penelitian Aisyahlika *et al* (2018) dimana proses adsorpsi bisa terjadi pada kondisi pH basa karena gugus hidroksil (OH⁻) dari adsorben akan membentuk interaksi yang lemah dengan gugus amina dari zat warna.²¹ Menurut Besharati *et al* (2018) pada pH tinggi permukaan adsorben akan terdeprotonasi sehingga akan bermuatan negatif.²² Karena daya tarik elektrostatisnya, *methylene blue* yang memiliki muatan positif akan mengalami adsorpsi ketika muatan permukaan adsorben bermuatan negatif.

3.5.2 Variasi Waktu

Pada penelitian dilakukan uji dengan variasi waktu yang bertujuan untuk mengetahui waktu optimum pada zat warna *methylene blue* untuk dilakukan adsorpsi menggunakan adsorben arang aktif kulit buah lai. Berikut grafik variasi waktu terhadap kapasitas adsorpsi zat warna *methylene blue* oleh adsorben arang aktif kulit buah lai pada **Gambar 4**.

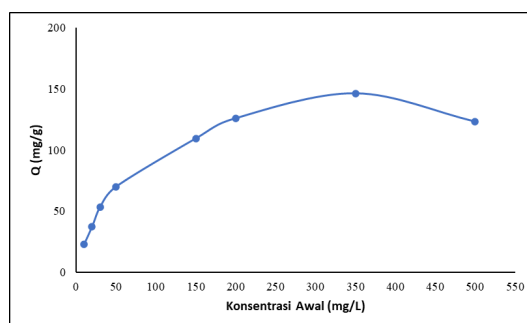


Gambar 4. Kapasitas adsorpsi arang aktif kulit buah Lai terhadap zat warna *methylene blue* pada berbagai waktu kontak

Berdasarkan hasil pada **Gambar 4**, diperoleh waktu optimum dari adsorben arang aktif kulit buah lai untuk mengadsorpsi zat warna *methylene blue* terjadi pada waktu kontak 60 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 48,81 mg/g dan persen teradsorpsi sebesar 97,61 %. Terjadi peningkatan adsorpsi hingga waktu kontak 60 menit, kemudian mengalami penurunan adsorpsi setelah waktu kontak 60 menit. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Wirawan *et al* (2023) bahwa interaksi antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben dapat terjadi lebih lama jika periode kontak antara adsorbat dengan permukaan adsorben terjadi dengan waktu yang lebih lama, hal ini akan menyebabkan terdorongnya molekul adsorbat lebih dalam ke pori-pori adsorben hingga tercapai kejenuhannya.²³ Penurunan kapasitas setelah waktu kontak 60 menit, menandakan adsorben telah mencapai kejenuhannya sehingga tidak dapat menyerap dengan maksimal.

3.5.3 Variasi Konsentrasi

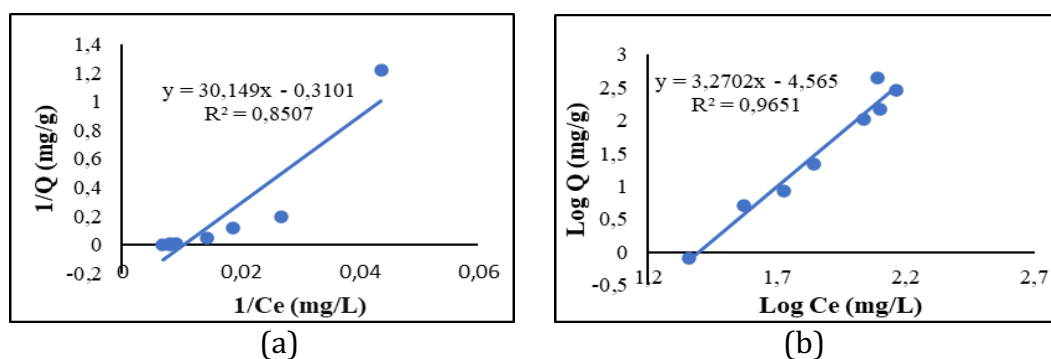
Pada penelitian dilakukan uji dengan variasi konsentrasi yang bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi pada zat warna *methylene blue* teradsorpsi menggunakan adsorben arang aktif kulit buah lai. Berikut grafik variasi konsentrasi awal terhadap kapasitas adsorpsi zat warna *methylene blue* oleh adsorben arang aktif kulit buah lai pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Kapasitas adsorpsi arang aktif kulit buah lai pada berbagai konsentrasi zat warna *methylene blue*

Berdasarkan hasil pada **Gambar 5** menunjukkan terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi zat warna *methylene blue* dari konsentrasi 10 mg/L hingga mencapai kapasitas adsorpsi maksimum pada konsentrasi 350 mg/L dengan kapasitas adsorpsi sebesar 117,965 mg/g. Namun mengalami penurunan pada konsentrasi 500 mg/L. Hal ini sejalan dengan penelitian Wirawan *et al* (2023), pori-pori pada arang aktif akan kosong saat *methylene blue* masih dalam konsentrasi rendah sehingga *methylene blue* akan lebih mudah diserap oleh permukaan arang aktif, namun saat dalam kondisi konsentrasi tinggi *methylene blue* akan berkompetisi untuk diserap oleh arang aktif pada permukaannya atau menutup pori-pori permukaan adsorben yang menyebabkan pori-pori permukaan lebih cepat penuh atau menutup pori-pori permukaan adsorben.²³ Hal ini mengakibatkan pada konsentrasi yang tinggi adsorben tidak bisa menyerap dari molekul lain.

Pada penelitian ini digunakan dua model isoterm yaitu isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich yang bertujuan untuk mengetahui sifat interaksi antara adsorbat dengan adsorben. Berikut kurva isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich berdasarkan persamaan regresi adsorpsi zat warna *methylene blue* oleh arang aktif kulit buah lai pada **Gambar 6**. Pada **Gambar 6** menunjukkan isoterm adsorpsi zat warna *methylene blue* oleh arang aktif kulit buah lai diperoleh hasil isoterm Langmuir dengan nilai R^2 sebesar 0,8507 dan isoterm Freundlich memiliki nilai R^2 sebesar 0,9651. Berdasarkan hasil tersebut maka adsorpsi *methylene blue* oleh arang aktif kulit buah lai mengikuti isoterm Freundlich karena nilai R^2 yang lebih besar daripada isoterm Langmuir atau lebih mendekati 1. Menurut Gova *et al* (2019), isoterm adsorpsi Freundlich menjadi indikasi bahwa suatu proses adsorpsi terjadi secara fisik (*Physisorption*) yang membentuk lapisan multilayer dimana penyerapan akan terjadi lebih banyak di permukaan arang aktif dan zat warna akan menempel pada adsorben karena adanya gaya Van Der Waals dengan ikatan yang tidak terlalu kuat.²⁴



Gambar 6. Pola adsorpsi zat warna *methylene blue* oleh arang aktif serbuk kulit buah lai (a) Isoterm Langmuir dan (b) Isoterm Freundlich

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil karakterisasi dengan FTIR menunjukkan adanya gugus O-H, C-H alifatik, C-H aromatik, C-O dan C=C. Karakterisasi dengan SEM memperlihatkan permukaan yang memiliki sedikit pori-pori, sedangkan pada arang aktif kulit buah lai terbentuk pori-pori dengan jumlah yang banyak. Kondisi optimum arang aktif kulit buah lai terhadap zat warna *methylene blue* diperoleh pada pH optimum 9, waktu optimum 60 menit, kapasitas adsorpsi maksimum 117,965 mg/g dengan mengikuti isoterm Freundlich.

DAFTAR PUSTAKA

1. Rif'ah, A., Sitania, F. D., & Gunawan, S. (2020). Designing Lai Pie Product by Using Kano Model and QFD Method. *Jurnal Agritechno*, 13(2), 112–119.
2. Pampang, H., Yunita, L., & Dwi, A. A. (2015). Potensi Limbah Kulit Durian sebagai Bahan Baku Pembuatan Energi Alternatif. *Senatek*, 843–850.
3. Setiawan, Y., Surahman, A., & Kailani, Z. (2012). *Balai Besar Tekstil Pencemaran Emisi Boiler Menggunakan Batubara pada Industri Tekstil serta Kontribusinya terhadap Gas Rumah Kaca (GRK)*, 87–94.
4. Pathania, D., Sharma, S., & Singh, P. (2017). Removal of Methylene Blue by Adsorption Onto Activated Carbon Developed from *Ficus carica* Bast. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S1445–S1451.
5. Salazar-Rabago, J. J., Leyva-Ramos, R., Rivera-Utrilla, J., Ocampo-Perez, R., & Cerino-Cordova, F. J. (2017). Biosorption Mechanism of Methylene Blue From Aqueous Solution Onto White Pine (*Pinus durangensis*) Sawdust: Effect of operating conditions. *Sustainable Environment Research*, 27(1), 32–40.
6. Apriyani, N. (2013). Kandungan Limbah Cair Industri Batik. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
7. Baunsele, A. B., & Missa, H. (2020). Kajian Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Sabut Kelapa. *Akta Kimia Indonesia*, 5(2), 76–85.
8. Teng, T. T., & Low, L. W. (2012). Removal of Dyes and Pigments from Industrial Effluents. In *Advances in Water Treatment and Pollution Prevention*. 65–93.
9. Wihenti, A. (2017). Analisis Kadar Air, Tebal, Berat, Dan Tekstur Biskuit Cokelat Akibat Perbedaan Transfer Panas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 6(2), 69–73.
10. Laos, L. E & Arkilaus, S. (2016). Pemanfaatan kulit singkong sebagai bahan baku karbon aktif. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*, 1(1), 32–36.
11. Mulyati, T. A. (2017). Preparasi dan karakterisasi karbon aktif dari limbah ampas tebu menggunakan aktivator KOH. *Indonesian Chemistry and Application Journal*, 1(2), 61–67.
12. Anggriani, U. M., Hasan, A., & Purnamasari, (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb). *Kinetika*, 12(2), 29–37.
13. Miri, N.S.S., & Narimo. (2022). Review: Kajian Persamaan Isoterm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (III) dengan Zeolit dan Karbon Aktif dari

- Biomassa. *Jurnal Kimia dan Rekayasa*, 2(2), 58-71.
14. Murtihapsari, Mangallo, B., & Handyani, D. (2012). Model Isoterm Freundlich dan Langmuir oleh Adsorben Arang Aktif Bambu Andong (*G. verticillata* (Wild) Munro) DAN. *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*, 2(1), 17-23.
 15. Pradhana, G. P., Wirawan, T., & Sari, I. Y. L. (2021). Pembuatan Adsorben dari Ampas Biji Kopi Sebagai Arang Aktif untuk Penyerapan Zat Warna B. *Prosiding Seminar Nasional Kimia 2021*, 58-66.
 16. Setiawan, A. A., Shofiyani, A., & Syahbanu, I. (2017). Pemanfaatan limbah daun nanas (*Ananas comosus*) sebagai bahan dasar arang aktif untuk adsorpsi Fe (II). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 6(3), 66-74
 17. Wibawati, A., & Abdi, C. (2018). Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Serbuk Arang Kayu Ulin Dengan Aktivasi KOH Dan Aplikasinya Untuk Menurunkan Krom Pada Limbah Cair Sasirangan. Jernih. *Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa*, 1(1), 17-26.
 18. Wardani, G. A., Qudsi, E. M., Pratita, A. T. K., Ida cahyati, K., & Nofiyanti, E. (2021). Utilization of Activated Charcoal from Sawdust as an Antibiotic Adsorbent of Tetracycline Hydrochloride. *Science and Technology Indonesia*, 6(3), 181-188.
 19. Cahyani, F. D. A. F., Apriani, M., & Nindyapuspa, A. (2021). Karakterisasi Karbon Aktif dari Ampas Tebu Menggunakan H_3PO_4 . In *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, 4(1), 150-154.
 20. Pujiono, F., & Mulyati, T. A. (2017). Potensi Karbon Aktif dari Limbah Pertanian Sebagai Material Pengolahan Air Limbah. *Jurnal Wiyata*, 4(1), 37-44.
 21. Aisyahlika, S. Z., Firdaus, M. L., & Elvia, R. (2018). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Bintaro (*Cerbera odollam*) terhadap Zat Warna Sintetis Reactive Red- 20 dan Reactive Blue-198. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 2(2), 148-155.
 22. Besharati, N., Alizadeh, N., dan Shariati, S. (2018). Removal of Cationic Dye Methylene Blue (MB) from Aqueous Solution by Coffee and Peanut husk Modified with Magnetite IronOxide Nanoparticles. *J Mex Chem. Soc*, 62(3), 110-124.
 23. Wirawan, T., Wirandika, Az, I., & Hindryawati, N. (2023). Adsorption Of Methylene Blue Using Active Charcoal From Empty Fruit Bunch (EFB). *Jurnal Kimia Mulawarman*, 21(1), 8-16.
 24. Gova, M. A dan Oktasari, A. (2019) Arang Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Logam Berat Merkuri (Hg), dalam *Sem. tidak. Sains dan Tek. Terapan*, FMIPA, Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang, Palembang.