

STUDI ADSORPSI METILEN BIRU MEMANFAATKAN SABUT BUAH LONTAR (*Borassus flabellifer* L.)

Theresia Enjelina Banamtuhan, Anselmus Boy Baunsele*, Aloisius M. Kopon

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Universitas Katolik Widya Mandira

Jl. San Juan, No. 1, Penfui, Kupang-NTT.

*Email: boybaunsele@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah sabut buah lontar/siwalan untuk dijadikan adsorben zat warna metilen biru. Sabut buah lontar dipreparasi dengan ukuran 80 mesh kemudian dilakukan optimasi uji penyerapan metilen biru. Melalui proses adsorpsi, filtrat diuji untuk mengetahui konsentrasi filtrat menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Berdasarkan hasil penelitian, adsorpsi maksimal terjadi pada pH 7 dengan kapasitas adsorpsi (qe) adalah $1,3 \text{ mg g}^{-1}$, sedangkan waktu kontak optimum adalah 50 menit dengan persentasi adsorpsi sebesar 99,4%. Karakterisasi biosorben menggunakan FTIR menunjukkan bahwa terdapat gugus aktif OH, CH, C=C dan CO dengan serapan pada bilangan gelombang secara berturut-turut yaitu 3232,7; 2933,73; 1593,2; dan 1033,85 cm^{-1} . Model kinetika adsorpsi mengikuti model pseudo orde dua dengan nilai $R^2=1$ dan model isotermal adsorpsi mengikuti model isotermal Temkin dengan nilai $R^2=0,894$. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa limbah sabut buah lontar dapat dijadikan sebagai adsorben untuk metilen biru.

Kata kunci: Sabut buah Lontar, adsorpsi, metilen biru, kinetika adsorpsi, isotermal adsorpsi

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri memberikan manfaat yang besar bagi masyarakat, ironisnya pencemaran lingkungan juga merupakan salah satu akibat dari pembuangan limbah industri ke lingkungan. Polutan yang terdapat dalam limbah industri dapat berupa limbah logam berat maupun zat warna. Logam berat sulit terdegradasi dan bersifat toksik mampu mengalami bioakumulasi pada rantai makanan (Rokhati *et al.*, 2021). Hal ini terjadi karena logam berat seperti cadmium bersifat karsinogenik dan dapat menyebabkan kerusakan pada paru-paru dan ginjal serta menyebabkan meningkatnya detak jantung (Tameemi *et al.*, 2021). Telah dilaporkan pula bahwa paparan dosis tinggi logam berat Pb(II) dapat menyebabkan mutagenesis dan karsinogenesis sedangkan tembaga dan zinc mampu menyebabkan Alzheimer dan anemia sideroblastik (Hosseini Koupaeie and Eskicioglu, 2015).

Zat warna menjadi polutan yang juga berbahaya seperti logam berat. Zat warna memberikan dampak buruk bagi lingkungan, karena zat warna mampu menghalangi penetrasi cahaya matahari ke dalam badan air. Akibatnya akan mengurangi intensitas fotosintesis tumbuhan air dan mencegah difusi oksigen di air sehingga mengganggu ekosistem biota air

(Haryono *et al.*, 2018). Berbagai zat warna yang menyebabkan gangguan lingkungan diantaranya Rhodamin B yang dapat menyebabkan peradangan, hemolis, perubahan degeneratif pada hati, dan ginjal (Saigl, 2021). Metil violet dilaporkan sebagai salah satu zat warna yang memiliki sifat karsinogenik dan mutagenik (Astuti, Dwi Handayani and Wulandari, 2018). Paparan jangka panjang oleh metilen biru dilaporkan dapat menyebabkan muntah, mual, anemia dan hipertensi (Pathania, Sharma and Singh, 2017a). Pentingnya pengolahan limbah zat warna sebelum dibuang ke lingkungan menjadi keharusan yang perlu ditaati oleh para pelaku industri.

Penanganan terhadap zat warna khususnya metilen biru telah dilakukan menggunakan berbagai metode penelitian diantaranya penerapan metode eletroflotasi untuk memisahkan polutan dari cairan dengan pengapungan menggunakan gas hidrogen dan oksigen (Haryono *et al.*, 2018). Fotodegradasi metilen biru dapat dilakukan dengan menggunakan katalis TiO₂ (Erwanto, Yulinda and Nabela, 2020) sedangkan adsorpsi metilen biru dapat dilakukan dengan memanfaatkan biosorben sabut kelapa (Baunsele and Missa, 2020). Adsorpsi merupakan metode penanganan limbah metilen biru yang dianggap

sangat mudah dilakukan karena efektif, biaya operasionalnya rendah, desain kerja yang sederhana dan mudah pengerjaannya (Pathania, Sharma and Singh, 2017).

Adsorben metilen biru telah banyak dilaporkan menggunakan berbagai bahan alam diantaranya kombinasi empulur pisang dan cangkang kerang (Hasan *et al.*, 2020), limbah daun cengkeh (Kusuma *et al.*, 2023), kulit kacang (Geçgel, Özcan and Gürpnar, 2013), serat kulit pepaya (Nipa *et al.*, 2023), bubuk daun jambu biji (Ponnusami, Vikram and Srivastava, 2008), serbuk gergaji pinus putih (Salazar-Rabago *et al.*, 2017), kacang polong (Lim *et al.*, 2017), sabut kelapa (Baunsele and Missa, 2021), dan alang-alang (Huda and Yulitaningtyas, 2018).

Tanaman siwalan atau lontar memiliki ketahanan hidup tinggi dan tersebar secara merata hampir di seluruh wilayah Provinsi Nusa Tenggara Timur (Sancayaningsih, Santosa and Utami, 2016). Kelimpahan tumbuhan siwalan dapat dimanfaatkan misalnya menjadi briket (Siti Hardiyanti Chofifa *et al.*, 2021) maupun bahan dasar asesoris kerajinan benang (Apriyanti, 2018). Selain itu, serat buah siwalan mengandung sekitar 68,94% selulosa, 5,37% lignin, 14,03 hemiselulosa dan wax sebanyak 0,6% (Apriani Maniuk Solo, 2018). Telah dilaporkan bahwa selulosa dapat digunakan sebagai adsorben zat warna kationik seperti metilen biru (Gorgieva, Vogrinčič and Kokol, 2019). Hal ini menjadi dasar penelitian ini, yang akan membahas tentang pemanfaatan sabut buah lontar untuk dijadikan adsorben metilen biru.

2. METODOLOGI

2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah sabut dari buah lontar, aquades, metilen biru (Merck), NaOH (Merck, 99%) dan HCl (Merck, 99%).

Alat yang digunakan adalah oven (*Memmert Universal UNB 400*), peralatan gelas (*duran* dan *pirex*) stopwatch, neraca analitik, ayakan (80 mesh; 100 mesh; 120 mesh), kertas saring, aluminium foil, kertas indikator universal, instrumen spektrofotometer *UV-Vis* (*Thermos Scientific*), pH Meter (*Hanna instrument*), instrumen *FTIR* (*Shimadzu*), *magnetic stirer* dan *shaker*.

2.2 Preparasi Biosorben

Sabut buah lontar diambil dari limbah lontar yang terdapat di pesisir pantai Oesapa, Kota Kupang. Buah lontar yang diambil lalu dipisahkan kulit bagian luar dan tempurung dalam buah lontar sehingga didapatkan sabut buah lontar. Sabut buah lontar yang dihasilkan lalu dicuci menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotorannya. Setelah bersih, sabut buah lontar kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Sabut buah lontar yang telah kering kemudian dihaluskan menggunakan mortar dan alu. Hasilnya diayak menggunakan ayakan berukuran 80 mesh.

2.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Padatan metilen biru diambil dan ditimbang sebanyak 100 mg dilarutkan dengan aquades dalam labu 1000 mL sambil ditambahkan aquades hingga tanda batas. Larutan kemudian diguncangkan agar homogen. Larutan metilen biru 100 ppm siap digunakan.

Penentuan panjang gelombang dilakukan dengan membuat larutan metilen biru 5 ppm yang diencerkan dari larutan baku 100 ppm. Larutan diambil lalu diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 200-800 nm.

Kurva kalibrasi diperoleh dengan menyiapkan larutan metilen berkonsentrasi masing-masing 0; 1; 2; 3; 4; dan 5 ppm. Lalu masing-masing larutan diukur absorbansinya menggunakan panjang gelombang serapan maksimum yang telah diperoleh pada prosedur sebelumnya. Data absorbansi versus konsentrasi yang diperoleh kemudian dibuat kurva standar untuk melihat persamaan garis lurus. Data ini akan dipakai pada penentuan kapasitas adsorpsi maksimum dengan variasi pH metilen biru dan waktu kontak optimum.

2.4 Penentuan Massa Adsorben Optimum

Larutan metilen biru 10 ppm sebanyak 20 mL dimasukkan ke dalam masing-masing 6 gelas kimia lalu diatur pH berdasarkan pH optimum yang telah diperoleh pada langkah sebelumnya. Ke dalam masing-masing gelas kimia ditambahkan biosorben sabut buah lontar berdasarkan luas permukaan optimum dengan massa masing-masing 0,1; 0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5 gram. Campuran selanjutnya dishaker selama 20 menit. Kemudian disaring untuk memisahkan filtrat dari residunya. Filtratnya diuji absorbansinya menggunakan

spektrofotometer UV-Vis, untuk mengetahui besarnya kapasitas adsorpsi metilen biru oleh biosorben sabut buah lontar, kemudian diperoleh data massa optimum biosorben.

2.5 Pengukuran Adsorpsi pH Maksimum

Pengukuran pH maksimum dilakukan dengan menyiapkan 20 mL larutan metilen biru 10 ppm. Kemudian dimasukan masing-masing ke dalam 11 gelas kimia yang berbeda. Masing-masing gelas kimia yang telah berisi larutan metilen biru, diatur pH-nya 1-11. Kemudian ke dalam masing-masing gelas tersebut ditambahkan biosorben sabut buah lontar sebanyak massa biosorben optimum yang telah diperoleh pada langkah sebelumnya, lalu *dishaker* selama kurang lebih 30 menit. Campuran kemudian disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan filtrat dari residunya. Filtratnya diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui besarnya kapasitas adsorpsi metilen biru.

2.6 Penentuan Waktu Kontak Optimum

Penentuan waktu kontak optimum dilakukan dengan menyiapkan larutan metilen biru 10 ppm 20 mL dari larutan stok 100 ppm. Kemudian diisi ke dalam masing-masing 6 gelas kimia yang disiapkan sebelumnya. Setelah terisi, pH metilen biru diatur berdasarkan pH optimum yang sudah diperoleh. Lalu menambahkan biosorben sabut buah lontar dengan ukuran luas permukaan dan massa optimum. Campuran lalu *dishaker* dengan waktu berbeda yakni: 5; 10; 20; 30; 40; 50; 75 dan 95 menit. Kemudian campuran disaring agar filtranya diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Data absorbansinya digunakan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi metilen biru terhadap biosorben sabut buah lontar yang akan dijadikan waktu kontak optimum. Data waktu kontak optimum yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan kinetika adsorpsi metilen biru pada biosorben sabut buah lontar. Sedangkan, besar adsorpsi metilen biru dihitung dengan Persamaan 1 dan 2.

$$\% = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad 1$$

$$q = \frac{(C_0 - C_e)v}{m} \quad 2$$

Dengan C_0 merupakan konsentrasi sebelum adsorpsi dan C_e merupakan konsentrasi setelah

adsorpsi. Sedangkan v adalah volume adsorbat dan m adalah massa adsorben, dengan q adalah kapasitas adsorpsi adsorbat oleh adsorben (mg g^{-1}) (Baunsele *et al.*, 2022).

2.7 Penentuan Konsentrasi Adsorpsi Maksimum

Disiapkan 8 gelas kimia yang berbeda. Tiap gelas diisi larutan MB dengan variasi konsentrasi masing-masing 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 75 dan 90 ppm sebanyak 10 mL. Diatur pH larutan sesuai pH optimum, kemudian ke dalam masing-masing gelas ditambahkan biosorben sebanyak massa optimum lalu *dishaker* selama sesuai waktu kontak optimum. Campuran kemudian disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan filtrat dari residunya. Filtratnya diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui besarnya kapasitas adsorpsi metilen biru.

2.8 Karakterisasi Biosorben

Karakterisasi biosorben dilakukan dengan menggunakan FTIR. Karakterisasi ini untuk mengetahui gugus fungsional yang ada pada biosorben.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Preparasi Biosorben

Tumbuhan siwalan atau lontar (*Borassus flabellifer* L.) merupakan tumbuhan yang berkembang dengan jumlah populasi yang tinggi di Provinsi NTT khususnya di Pulau Timor. Masyarakat di NTT sering memanfaatkan tumbuhan lontar dan sering disebut tumbuhan multifungsi. Hal ini disebabkan karena batangnya bisa dijadikan bahan bangunan pengganti kayu, daunnya sering dijadikan bahan anyaman dan atap rumah-rumah tradisional, dan nira hasil sadapan dari tumbuhan ini sering diproduksi menjadi minuman beralkohol yang dinamakan sopi (Manikin, Ceunfin and Agu, 2021). Arang aktif yang dihasilkan dari sabut buah siwalan dilaporkan telah dijadikan adsorben Pb(II) (Rahmawati dan Yuanita, 2013). Serat sabut buah lontar kasar (Gambar 1) kemudian dihaluskan untuk mendapatkan ukuran partikel yang lebih kecil seperti pada Gambar 2.



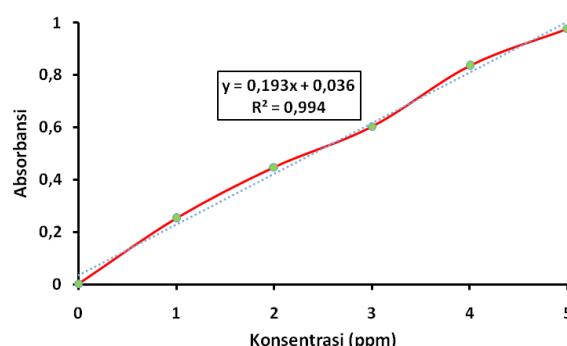
Gambar 1. Sabut Buah Siwalan Kasar



Gambar 2. Sabut Buah Siwalan Halus

3.2 Penentuan Panjang Gelombang Maksimal

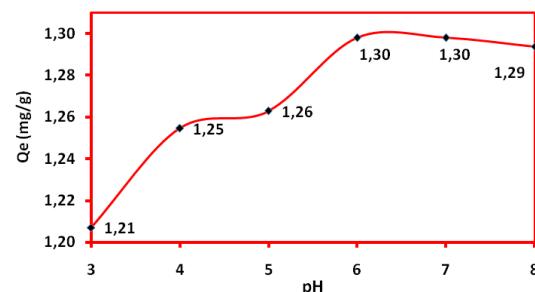
Penentuan panjang gelombang maksimum (λ_{max}) menggunakan spektroskopi UV-Vis. Hasil penelitian membuktikan bahwa adsorpsi maksimum metilen biru terjadi pada panjang gelombang 665 nm. Hal ini sejalan penelitian yang dilaporkan sebelumnya bahwa adsorpsi maksimum metilen biru terjadi pada panjang gelombang 664 nm (Baunsele and Missa, 2020). Hal yang sama terjadi pada penelitian Huda dan Yulianingtyas (2018) tentang adsorpsi metilen biru memanfaatkan alang-alang. Data kajian kurva standar disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva Kalibrasi

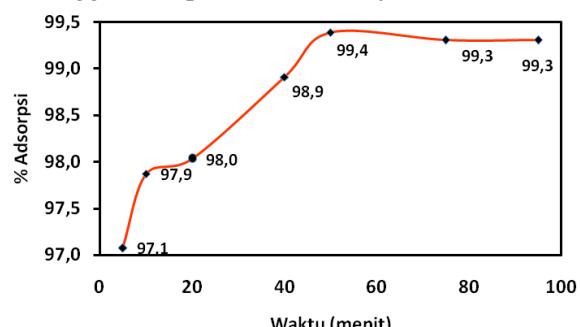
3.3 Optimasi Adsorpsi Metilen Biru (MB)

Biosorben yang telah diperoleh kemudian digunakan untuk mencari kapasitas adsorpsi metilen biru. Penentuan adsorpsi maksimal metilen biru pada variasi luas permukaan dapat ditentukan dengan mencari kurva kalibrasi. Persamaan garis lurus dari kurva kalibrasi dan nilai R^2 tersaji pada Gambar 3. Berdasarkan persamaan garis linear maka dilakukan pengujian adsorpsi metilen pada berbagai variasi pH dengan ukuran biosorben 80 mesh.



Gambar 4. Kurva Variasi pH MB

Data pada Gambar 4 menunjukkan adsorpsi MB oleh sabut buah lontar pada pH 6 & 7 memiliki nilai tertinggi yaitu 1,30 mg g⁻¹. Kondisi pH yang dipilih sebagai pH optimum adalah pada pH 7 dengan asumsi bahwa metilen biru dapat teradsorpsi secara baik pada adsorben sabut buah lontar saat kondisi pH larutan metilen biru netral. Pada saat pH < 7, ion H⁺ dari asam akan bersaing dengan MB untuk berinteraksi dengan situs aktif pada biosorben sehingga tidak banyak MB terserap di permukaan biosorben, sedangkan pada pH > 7 diduga ion OH⁻ berinteraksi dengan parsial positif pada MB sehingga menyebabkan MB tidak bisa berinteraksi dengan situs negatif atau parsial negatif pada biosorben. Pada pH 6 & 7 jumlah situs aktif biosorben dan MB seimbang sehingga adsorpsi maksimal terjadi.



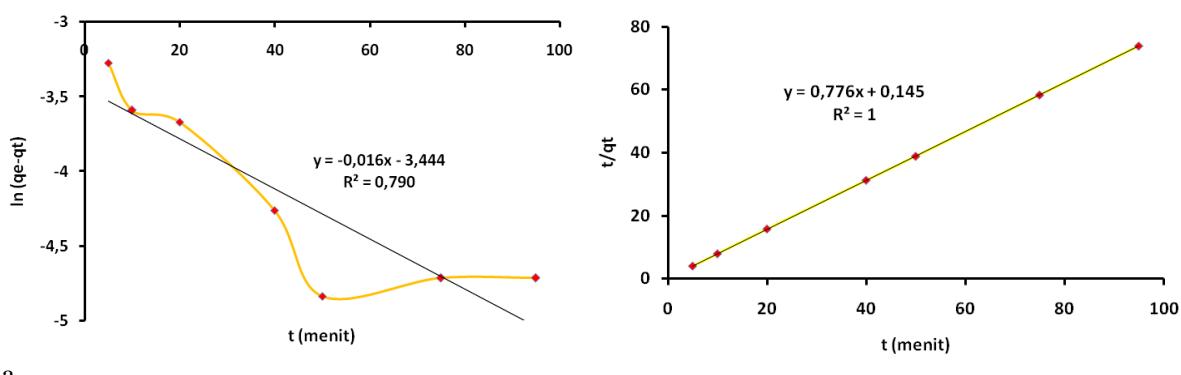
Gambar 5. Kurva Variasi Waktu Kontak

Data variasi waktu kontak menunjukkan adsorpsi maksimum terjadi pada waktu 50

menit. Persentase serapan pada menit ke 75 dan 90 terlihat turun, hal ini karena dugaan sudah terpenuhinya situs aktif biosorben sehingga tidak ada interaksi elektrostatik lagi antara MB dan biosorben. Hasil ini mirip dengan penelitian sebelumnya, dimana sabut kelapa dijadikan adsorben metilen biru dengan waktu adsorpsi optimum terjadi pada saat 75 menit proses adsorpsi berlangsung. Setelah waktu 75 menit sudah tidak terjadi adsorpsi karena dugaan situs aktif biosorben sudah tertutup oleh adsorbat (Baunsele *et al.*, 2023)

3.4 Kinetika Adsorpsi MB oleh Sabut Buah Lontar

Parameter adsorpsi yang diuji yaitu model matematika kinetika adsorpsi MB menggunakan adsorben sabut buah lontar. Penentuan kinetika reaksi menggunakan persamaan model matematika yang tersaji pada Persamaan 3 dan 4.



Gambar 6. Kurva kinetika adsorpsi, a) Pseudo orde satu dan b) Pseudo orde dua

Tabel 2. Nilai Parameter Kinetika Adsorpsi MB pada Sabut Buah Lontar

No	Model Kinetika	Parameter
1	Pseudo Orde satu	$y = -0,016x - 3,444$ $R^2 = 0,790$ $k = 0,9841 \text{ menit}^{-1}$
2	Pseudo Orde dua	$Y = 0,776x + 0,145$ $R^2 = 1$ $k = 0,187 \text{ gr mg}^{-1}\text{menit}^{-1}$

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 2, maka model kinetika adsorpsi metilen biru oleh adsorben sabut buah siwalan terjadi menurut model kinetika pseudo orde dua. Hal ini karena nilai R^2 untuk pseudo orde dua adalah 1 sedangkan untuk pseudo orde satu

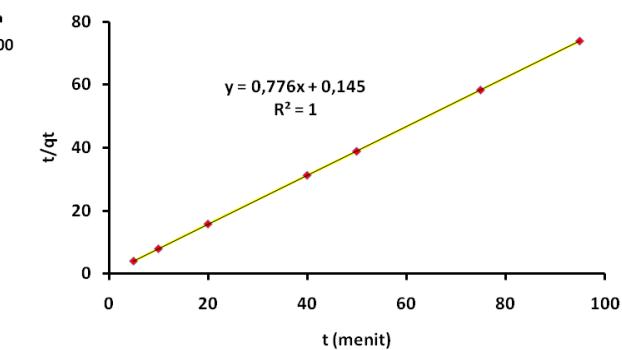
$$\ln(qe - qt) = \ln qe - \ln k_1 t \quad (3)$$

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 qe^2} + \frac{1}{qe} t \quad (4)$$

Keterangan:

qt menggambarkan konsentrasi adsorbat pada satuan waktu tertentu (mg g^{-1}), k merupakan konstanta laju (menit^{-1}), dan qe menggambarkan jumlah adsorbat pada saat kesetimbangan (mg g^{-1}).

Persamaan 3 biasa disebut juga sebagai Lagergren Orde Satu atau Pseudo Orde 1. Nilai k_1 dapat diperoleh dengan membuat grafik hubungan antara $\ln (qe-qt)$ vs t yang disajikan pada Gambar 6.a, sedangkan persamaan 4 disebut sebagai model kinetika pseudo orde dua. Model kinetika ini dapat diperoleh nilai persamaan garis lurus melalui pembuatan kurva t/qt vs t yang tersaji pada Gambar 6.b.



nilai R^2 adalah 0,790. Merujuk pada nilai konstanta untuk pseudo orde dua, dapat dikatakan bahwa sebanyak 0,187 gram adsorben dapat mengadopsi sebanyak 1 mg adsorbat tiap 1 menit adsorpsi berlangsung. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sabut buah lontar dapat dijadikan adsorben untuk metilen biru maupun zat warna tanpa suatu perlakuan atau modifikasi terlebih dahulu.

3.5 Kajian Isotermal Adsorpsi MB oleh Sabut Buah Lontar

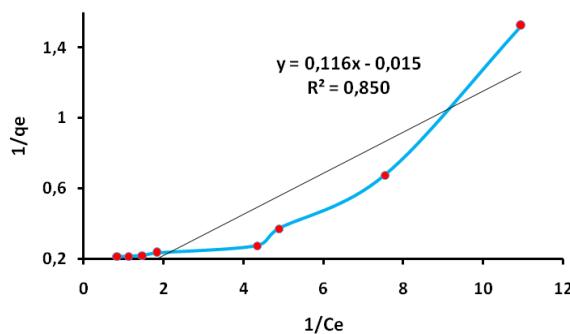
Isotermal adsorpsi metilen biru pada biosorben sabut buah siwalan diuji menggunakan 3 model yaitu Langmuir, Freundlich dan Temkin. Dari ketiga model isotermal ini, nilai R^2 setiap isotermal yang paling mendekati 1 adalah model isotermal

adsorpsi MB oleh Sabut Buah Lontar. Model matematika dari ketiga isotermal adsorpsi digunakan untuk menentukan persamaan garis

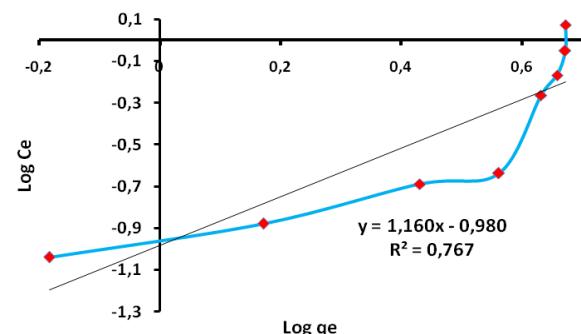
linearnya menggunakan plot data yang tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Model Matematika dari setiap Model Isotermal yang digunakan

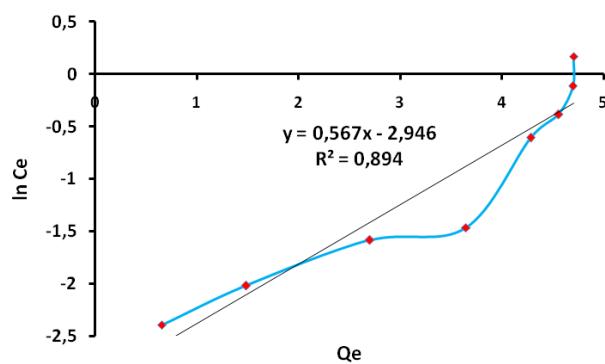
Model Isotermal	Bentuk Linear	Plot	
Langmuir	$\frac{1}{qe} = \frac{1}{qm} + \frac{1}{K_l q_m C_e}$	$\frac{1}{qe} vs \frac{1}{C_e}$	(Pathania, Sharma and Singh, 2017b)
Freundlich	$\log q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log k_f$	$\log q_e vs \log C_e$	(Bharali and Bhattacharyya, 2015)
Temkin	$q_e = \beta \ln A_T + \beta \ln C_e$	$\ln C_e vs q_e$	(Bharali and Bhattacharyya, 2015)



a



b



c

Gambar 7. Grafik Model Isotermal, (a) Langmuir, (b) Freundlich dan (c) Temkin

Tiga model grafik pada Gambar 7 menunjukkan bahwa model isotermal adsorpsi MB pada sabut buah lontar adalah model isotermal Temkin. Persamaan garis lurus untuk model isotermal ini yaitu $y = 0,567x - 2,946$ dengan nilai R^2 adalah 0,894. Data ini diperoleh

dari plot data $\ln C_e vs q_e$. Data hasil analisis parameter isotermal adsorpsi dari ketiga model yang digunakan dalam penelitian ini tersaji pada Tabel 4.

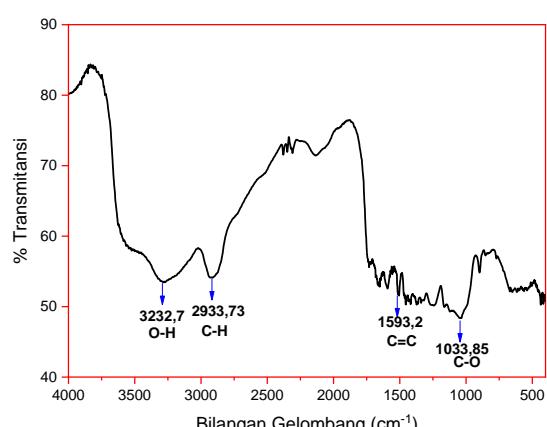
Tabel 4. Nilai Parameter Isotermal Adsorpsi MB menggunakan Sabut Buah Lontar

Model Isotermal	Parameter.
Langmuir	$R^2 = 0,850$ $Q_{\text{max}} = 66,67 \text{ mg g}^{-1}$ $k = 0,129 \text{ L mg}^{-1}$
Freundlich	$R^2 = 0,767$ $n = 0,86$ $k = 2,664 \text{ L mg}^{-1}$
Temkin	$R^2 = 0,894$ $B = 0,567 \text{ J mol}^{-1}$ $A = 0,00554 \text{ L g}^{-1}$

Isotermal Temkin merupakan salah satu model isotermal yang menjelaskan tentang banyaknya adsorbat tersebar merata ke permukaan adsorben melalui interaksi adsorbat-adsorben (Dada, 2012). Model isotermal ini mengasumsikan bahwa peningkatan penyerapan adsorbat ke permukaan adsorben, diiringi oleh penurunan panas adsorpsi molekul adsorbat secara linear. Hal ini menyebabkan distribusi energi ikat yang seragam, hingga mencapai energi ikat maksimum (Piccin, Dotto and Pinto, 2011). Nilai B menjelaskan bahwa setiap kali terjadi penyerapan 1 mol adsorbat, akan melibatkan energi ikat sebesar 0,567 J.

3.6 Karakterisasi Biosorben

Karakterisasi biosorben menggunakan instrumen FTIR bertujuan untuk mengetahui kandungan gugus fungsional pada biosorben sabut buah lontar. Gambar 8 menunjukkan spektrum FTIR hasil analisis sabut buah lontar.



Gambar 8. Spektrum FTIR Sabut Buah Lontar

Puncak lebar dengan intensitas rendah yang nampak pada bilangan gelombang $3232,7 \text{ cm}^{-1}$ menggambarkan kehadiran gugus fungsional OH. Gugus fungsional OH pada berasal dari alkohol, fenol maupun senyawa turunan

lainnya. Puncak tajam dengan intensitas sedang dengan bilangan gelombang $2933,73 \text{ cm}^{-1}$ merupakan bukti kehadiran ikatan antara atom C dan H yang berupa senyawa alkana. Puncak pada bilangan gelombang $1593,2 \text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya ikatan C=C.

Vibrasi dari ikatan C-O tergambar pada puncak serapan $1033,85 \text{ cm}^{-1}$ dengan pita serapan lebar dan instensitasnya sedang. Berdasarkan data pada Gambar 8, dapat dikatakan situs aktif pada biosorben cenderung bersifat parsial negatif sehingga akan berinteraksi dengan komponen lain yang bersifat parsial positif. Sehingga biosorben sabut buah lontar dapat mengadsorpsi metilen biru yang bersifat kationik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa kandungan gugus aktif pada selulosa yang ada dalam sabut buah lontar dapat menyebabkan interaksi elektrostatik dengan molekul MB yang bersifat kationik. Interaksi ini yang akan menyebabkan MB dapat terserap ke permukaan sabut buah lontar. Proses adsorpsi metilen biru yang terjadi pada sabut buah lontar ini, terjadi menurut kinetika pseudo orde satu dengan nilai $R^2 = 1$ dan isotermal adsorpsi yang sesuai adalah model isotermal Temkin dengan nilai $R^2 = 0,894$. Hasil penelitian ini menjadi informasi bahwa sabut buah lontar dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk zat warna kationik metilen biru.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriani Maniuk Solo, A. (2018) ‘Characteristic of Cellulose Isolated From Papyrus Fibers (*Borrasus flabelifer* L) And Its Citrate Ester’, *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 7(3), pp. 239–246. doi: 10.21776/ub.jpacr.2018.007.03.410.
- Apriyanti, I. R. (2018) ‘Studi Potensi Pemanfaatan Limbah Serat Batok Siwalan (*Borassus Flabellifer* L) sebagai Bahan Baku Kerajinan Lokal (Benang) Gresik’, *Jurnal Teknologia*, 1(1), pp. 81–88. Available at: <https://aperti.e-journal.id/teknologia/article/view/10>.
- Astuti, W., Dwi Handayani, A. and Wulandari, D. A. (2018) ‘Adsorpsi Methyl Violet oleh Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl₂ Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro’, *Jurnal Rekayasa Kimia &*

- Lingkungan*, 13(2), pp. 189–199. doi: 10.23955/rkl.v13i2.11945.
- Baunsele, A. B. et al. (2022) ‘Kinetic Study of Blue Methylene Adsorption Using Coconut Husk Base Activated’, *Indonesian Journal of Chemical Research*, 9(2), pp. 129–136. doi: 10.30598/ijcr.
- Baunsele, A. B. et al. (2023) ‘Penggunaan Sabut Kelapa Teraktivasi NaOH sebagai Adsorben Metilen Biru’, 9(1), pp. 43–54.
- Baunsele, A. B. and Missa, H. (2020) ‘Kajian Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Sabut Kelapa’, *Akta Kimia Indonesia*, 5(2), p. 76. doi: 10.12962/j25493736.v5i2.7791.
- Baunsele, A. B. and Missa, H. (2021) ‘Langmuir and Freundlich Equation Test on Methylene Blue Adsorption by Using Coconut Fiber Biosorbent’, 4(2), pp. 131–138.
- Bharali, R. K. and Bhattacharyya, K. G. (2015) ‘Biosorption of fluoride on Neem (*Azadirachta indica*) leaf powder’, *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Elsevier B.V., 3(2), pp. 662–669. doi: 10.1016/j.jece.2015.02.007.
- Dada, A. O. (2012) ‘Langmuir, Freundlich, Temkin and Dubinin–Radushkevich Isotherms Studies of Equilibrium Sorption of Zn²⁺ Unto Phosphoric Acid Modified Rice Husk’, *IOSR Journal of Applied Chemistry*, 3(1), pp. 38–45. doi: 10.9790/5736-0313845.
- Erwanto, Yulinda and Nabela, Q. (2020) ‘Pengaruh Penambahan Ion Nitrat (NO₃⁻) Terhadap Kinetika Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Zeolit-TiO₂’, *Inovasi Teknik Kimia*, 5(2), pp. 59–67.
- Geçgel, Ü., Özcan, G. and Gürpnar, G. Ç. (2013) ‘Removal of methylene blue from aqueous solution by activated carbon prepared from pea shells (*Pisum sativum*)’, *Journal of Chemistry*, 2013. doi: 10.1155/2013/614083.
- Gorgieva, S., Vogrinčič, R. and Kokol, V. (2019) ‘The Effect of Membrane Structure Prepared from Carboxymethyl Cellulose and Cellulose Nanofibrils for Cationic Dye Removal’, *Journal of Polymers and the Environment*. Springer US, 27(2), pp. 318–332. doi: 10.1007/s10924-018-1341-1.
- Haryono, H. et al. (2018) ‘Pengolahan Limbah Zat Warna Tekstil Terdispersi dengan Metode Elektroflotasi’, *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, 3(1), p. 94. doi: 10.30870/educhemia.v3i1.2625.
- Hasan, R. et al. (2020) ‘Methylene blue adsorption onto cockle shells-treated banana pith: Optimization, isotherm, kinetic, and thermodynamic studies’, *Indonesian Journal of Chemistry*, 20(2), pp. 368–378. doi: 10.22146/ijc.42822.
- Hosseini Koupaie, E. and Eskicioglu, C. (2015) ‘Health risk assessment of heavy metals through the consumption of food crops fertilized by biosolids: A probabilistic-based analysis.’, *Journal of hazardous materials*, 300, pp. 855–865. doi: 10.1016/j.jhazmat.2015.08.018.
- Huda, T. and Yulitaningtyas, T. K. (2018) ‘Kajian Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Selulosa dari Alang-Alang’, *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)*, 1(01), pp. 9–19. doi: 10.20885/ijca.vol1.iss1.art2.
- Kusuma, H. S. et al. (2023) ‘Biosorption of Methylene blue using clove leaves waste modified with sodium hydroxide’, *Results in Chemistry*. Elsevier B.V., 5(January), p. 100778. doi: 10.1016/j.rechem.2023.100778.
- Lim, L. B. L. et al. (2017) ‘Breadnut peel as a highly effective low-cost biosorbent for methylene blue: Equilibrium, thermodynamic and kinetic studies’, *Arabian Journal of Chemistry*. King Saud University, 10, pp. S3216–S3228. doi: 10.1016/j.arabjc.2013.12.018.
- Manikin, M. R., Ceunfin, S. and Agu, Y. P. (2021) ‘Pengaruh Modifikasi Tinggi Sok Penyulingan Dan Jenis Bunga Lontar (*Borassus Flabellifer L.*) Terhadap Kualitas Produk Sopi Timor (*Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*)’, 5(2), pp. 132–143. DOI: 10.20886/jpkf.2021.5.2.132-143
- Nipa, S. T. et al. (2023) ‘Adsorption of methylene blue on papaya bark fiber: Equilibrium, isotherm and kinetic perspectives’, *Results in Engineering*. Elsevier B.V., 17(October 2022), p. 100857. doi: 10.1016/j.rineng.2022.100857.
- Pathania, D., Sharma, S. and Singh, P. (2017a) ‘Removal of methylene blue by adsorption onto activated carbon developed from Ficus carica bast’, *Arabian Journal of Chemistry*. doi: 10.1016/j.arabjc.2013.04.021.
- Pathania, D., Sharma, S. and Singh, P. (2017b) ‘Removal of methylene blue by adsorption onto activated carbon developed from Ficus

- carica bast', *Arabian Journal of Chemistry*. King Saud University, 10, pp. S1445–S1451. doi: 10.1016/j.arabjc.2013.04.021.
- Piccin, J. S., Dotto, G. L. and Pinto, L. A. A. (2011) 'Adsorption isotherms and thermochemical data of FD and C RED N° 40 Binding by chitosan', *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 28(2), pp. 295–304. doi: 10.1590/S0104-66322011000200014.
- Ponnusami, V., Vikram, S. and Srivastava, S. N. (2008) 'Guava (*Psidium guajava*) leaf powder: Novel adsorbent for removal of methylene blue from aqueous solutions', *Journal of Hazardous Materials*, 152(1), pp. 276–286. doi: 10.1016/j.jhazmat.2007.06.107.
- Rahmawati dan Yuanita (2013) 'Adsorpsi Pb²⁺ Oleh Arang Aktif Sabut Siwalan (*Borassus flabellifer*)', *UNESA Journal of Chemistry*, 2(3), pp. 82–87.
- Rokhati, N. et al. (2021) 'Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Limbah Logam Berat', *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 6(2), p. 89. doi: 10.31942/inteka.v6i2.5508.
- Saigl, Z. M. (2021) 'Various adsorbents for removal of rhodamine b dye: A review', *Indonesian Journal of Chemistry*, 21(4), pp. 1039–1056. doi: 10.22146/ijc.62863.
- Salazar-Rabago, J. J. et al. (2017) 'Biosorption mechanism of Methylene Blue from aqueous solution onto White Pine (*Pinus durangensis*) sawdust: Effect of operating conditions', *Sustainable Environment Research*. Chinese Institute of Environmental Engineering, 27(1), pp. 32–40. doi: 10.1016/j.serj.2016.11.009.
- Sancayaningsih, R. P., Santosa, S. H. M. B. and Utami, A. V. (2016) 'Natural Sustainability Of Toddy Palm (*Borassus flabellifer* L.) In Linamnutu, Timor Tengah Selatan, Nusa Tenggara Timur', *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 23(1), p. 76. doi: 10.22146/jml.18776.
- Siti Hardiyanti Chofifa et al. (2021) 'Pemanfaatan Limbah Kulit Siwalan Sebagai Briket Media', *Jurnal Pengabdian Vokasi*, 02, pp. 102–105.
- Tameemi, H. M. A. et al. (2021) 'Expulsion of Cadmium from a Simulated Wastewater using Ckd as Adsorbent: Optimization with Isotherm Study', *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 9(2), pp. 998–1015. doi: 10.21533/pen.v9i2.2022.