

# Adsorpsi Zat Warna *Methylene Blue* Menggunakan Karbon Aktif dari Kulit Durian (*Durio zibethinus Murr.*)

Laura Dwi Rha Hayu, Edi Nasra\*, Minda Azhar, Sri Benti Etika

Chemistry Department Universitas Negeri Padang

Jl.Prof.Dr.Hamka, Air Tawar Barat, Padang, Indonesia Telp. 0751 7057420

\*edinasra@fmipa.unp.ac.id

**Abstract** — *Methylene blue* is a basic dye that has cationic properties and used in the coloring industry. Adsorption using activated carbon from durian peel is proven to be able to absorb *methylene blue*. This study used the batch method which aims to determine the optimum conditions for absorption and maximum absorption of *methylene blue* using activated carbon from durian peel (*Durio zibethinus Murr.*). The absorption stages were carried out by varying the pH (2, 3, 4, 5, and 6) and the concentration. (40, 80, 120, 160, 200, 240 and 280) mg/L. The results showed that the optimum conditions occurred at pH 5 and a concentration of 240 mg/L with an absorption capacity of 28.647 mg/g and an absorption percentage of 99.66%. Mechanism the absorption of *methylene blue* follows the equation Freundlich isotherm with a determinant coefficient ( $R^2$ ) of 0,9874.

**Keywords** — *Methylene Blue*, Activated Carbon, Durian Peel, Adsorption, Batch Method

## I. PENDAHULUAN

Pada era globalisasi ini, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dianggap penting. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi berjalan seiring dengan munculnya dan berkembangnya dunia industri seperti industri sandang, pangan dan lainnya. Industri-industri tersebut menghasilkan berbagai jenis limbah baik padat, cair maupun gas, kegiatan industri tersebut menghasilkan limbah bahan berbahaya dan beracun termasuk zat warna yang menyebabkan pencemaran di bidang perairan [1].

Zat warna merupakan salah satu limbah cair yang dihasilkan oleh industri tekstil yang tidak dapat terserap sempurna, hal ini akan mengakibatkan pencemaran lingkungan apabila tidak diolah dengan baik. Zat warna digunakan dalam jumlah yang banyak untuk mewarnai produk sehingga menjadi sumber utama adanya limbah zat warna tersebut [2]. Beberapa zat warna tersebut dapat terdegradasi menjadi zat beracun, menghalangi masuknya sinar matahari ke badan air dan memperlambat proses fotosintesis pada tumbuhan air [3]. Salah satu zat warna yang terdapat pada limbah industri yang sering digunakan dalam zat warna tekstil adalah zat warna *methylene blue* [4].

*Methylene blue* adalah pewarna dasar yang sangat penting dan relatif murah dibandingkan dengan pewarna lainnya. Zat warna ini larut dalam air, memiliki sifat kationik dan umumnya digunakan dalam industri kimia, medis dan makanan. Warna. Zat warna ini dapat menimbulkan efek sistemik seperti iritasi mata dan kulit serta kelainan darah. Selain itu, bila terkena tingkat tertentu senyawa ini, dapat menyebabkan muntah, mual, diare, pusing dan peradangan gastrointestinal. [5]. Nilai ambang batas untuk konsentrasi

*methylene blue* yang diperbolehkan dalam perairan sekitar (5 - 10) mg/L. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode pengolahan limbah cair industri yang tercemar zat warna. [6].

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mengurangi zat warna tersebut, yaitu adsorpsi, elektrolisis, pengendapan, pertukaran ion, oksidasi kimia, dan berbagai bioteknologi lainnya. Diantara alternatif-alternatif tersebut, adsorpsi merupakan metode yang paling baik untuk mengadsorpsi zat warna karena metode tersebut aman, tidak menimbulkan efek samping yang berbahaya bagi kesehatan, peralatan yang digunakan sederhana, mudah digunakan, dapat didaur ulang, efisien dan murah. Adsorben sangat dibutuhkan dalam proses adsorpsi. Oleh karena itu, diperlukan jenis adsorben yang sesuai agar proses adsorpsi dapat dilakukan dengan benar, yaitu menggunakan karbon aktif. Karbon aktif yang digunakan harus memiliki karakteristik yang aman dan ramah lingkungan sehingga digunakan bahan biologis yang tidak mencemari lingkungan, umumnya disebut adsorben alami. [7]

Adsorben yang umum digunakan dalam pembuatan karbon aktif berasal dari tempurung kelapa, kayu dan gambut. Namun, banyak penelitian yang berfokus pada pemanfaatan limbah pertanian seperti kulit pisang, kulit kacang tanah, kulit jeruk, kulit durian, dan kulit jagung. Pada penelitian ini, sumber adsorben yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif adalah kulit durian. Kulit durian diklasifikasikan sebagai limbah komersial dan non komersial. Kulit durian mengandung 50-60% selulosa [8]. Kandungan selulosa yang tinggi tersebut mendukung kulit durian sebagai bahan baku pembuatan adsorben. Selulosa ini dapat digunakan sebagai pengikat zat warna tersebut [9]

## II. METODE PENELITIAN

## A. Alat

Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah peralatan gelas, neraca analitik (ABS 220-4), mortar dan alu, oven, pH meter (H12211), ayakan (BS410), kertas saring whatman, *Shaker* (VRN-480), *furnace*. Peralatan yang digunakan untuk karakterisasi adalah FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dan *Spektrofotometer Visible*.

## B. Bahan

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah kulit durian, NaOH, HNO<sub>3</sub> p.a, larutan *methylene blue* 1000 mg/L.

## C. Prosedur Penelitian

## 1. Preparasi Sampel

Kulit durian sebagai bahan baku, dicuci terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran yang terdapat pada kulit durian. Potong kulit durian menjadi potongan-potongan kecil  $\pm$  3 cm dan jemur di bawah sinar matahari selama  $\pm$  2 hari.

## 2. Pembuatan Karbon Aktif

Kulit durian kering digunakan sebagai bahan baku karbon aktif. Pembuatan karbon aktif dilakukan pada suhu 320°C selama 2 jam dalam *furnace*. Setelah proses *furnace* selesai, karbon kulit durian tersebut didinginkan dengan cara didiamkan di dalam desikator  $\pm$  15 menit. Setelah dingin karbon dihaluskan menggunakan mortal lalu diayak menggunakan ayakan berukuran 212  $\mu$ m. Selanjutnya, sebanyak 25 gram diaktivasi dengan 250 mL NaOH 0,5 M selama 24 jam, setelah itu dicuci dengan aquades hingga pH netral dan dikering dengan oven pada suhu 120°C selama 30 menit. Karakterisasi dengan FTIR.

## 3. Perlakuan dengan Sistem Batch

## a) Pengaruh pH Larutan

Pada penelitian ini *methylene blue* pada konsentrasi 120 mg/L divariasikan dengan pH 2, 3, 4, 5, dan 6. Selanjutnya masing - masing larutan dikontakkan dengan 0,2 gram karbon aktif kulit durian dengan metode batch, larutan di *shaker* selama 30 menit. Filtrat yang dihasilkan lalu dilakukan pengukuran konsentrasi *methylene blue* yang tidak terserap dengan *Spektrofotometer Visible*.

## b) Pengaruh Konsentrasi Larutan

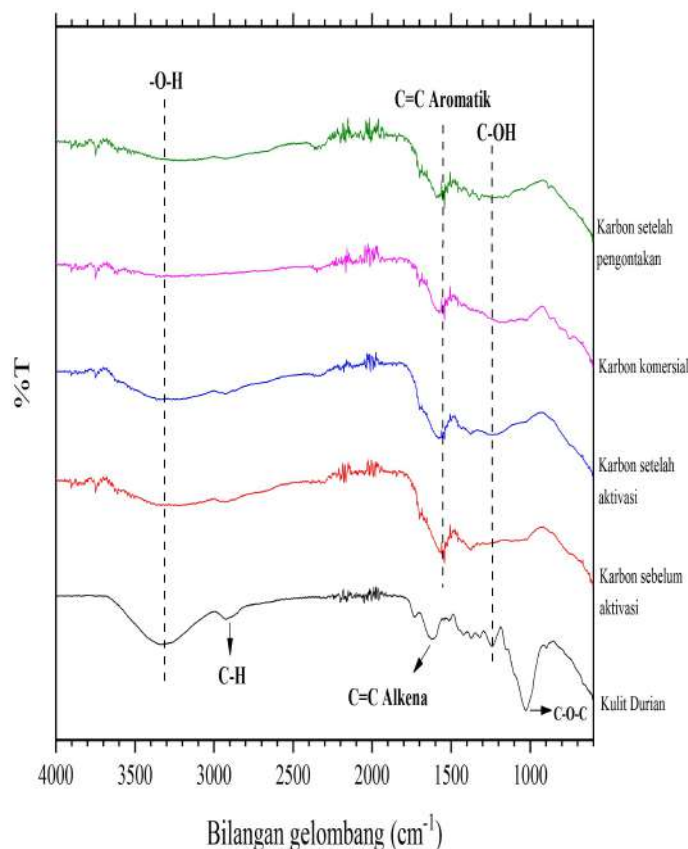
Pada penelitian ini *methylene blue* sebanyak 25 mL divariasikan konsentrasinya (40, 80, 120, 160, 200, 240 dan 280) mg/L dan dikontakkan dengan adsorben sebanyak 0,2 gram. Kemudian larutan di *shaker* dengan kecepatan 200 rpm pada waktu kontak 30 menit. Filtrat diukur konsentrasi

*methylene blue* yang tidak diserap dengan menggunakan *Spektrofotometer Visible*.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

## A. Karakterisasi FTIR

*Spektrofotometri fourier transform infrared* (FTIR) adalah suatu metode analisis spektroskopi vibrasional yang digunakan untuk memprediksi gugus fungsi yang terlibat selama adsorpsi. Informasi tersebut didapatkan dengan cara menganalisis pergeseran angka gelombang pada spektrum FTIR kulit durian (*Durio zibethinus Murr.*), karbon sebelum diaktivasi, karbon setelah diaktivasi, karbon aktif komersial dan karbon aktif sesudah adsorpsi pada rentang angka gelombang 4000-600 cm<sup>-1</sup>. Spektrum FTIR menunjukkan adanya beberapa gugus fungsi pada panjang gelombang tertentu dengan terbentuknya puncak - puncak gelombang. Spektrum FTIR kulit durian (*Durio zibethinus Murr.*), karbon sebelum diaktivasi, karbon setelah diaktivasi, karbon aktif komersial dan karbon aktif sesudah adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum FTIR

Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa kulit durian (*Durio zibethinus Murr.*), terdapat gugus hidroksil (-OH) muncul pada bilangan gelombang 3331 cm<sup>-1</sup> dengan transmittan sebesar 78,52 %T. Pada bilangan gelombang 2920 cm<sup>-1</sup> mengindikasikan vibrasi ulur dimana terdapat peregangan

gugus fungsi -CH dengan nilai transmitan sebesar 88,7 % T dalam rentang bilangan gelombang 2800-3000  $\text{cm}^{-1}$ . Bilangan gelombang menunjukkan 1618  $\text{cm}^{-1}$  mengindikasikan vibrasi ulur dari gugus fungsi C=C alkena dengan nilai transmitan 80,94 %T. Pada bilangan gelombang 1241  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi ulur dari gugus fungsi C-OH dengan nilai transmitan 78,62 %T. Dan bilangan gelombang 1027  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi ulur dari gugus fungsi C-O-C dengan nilai transmitan 53,73 % T.

Pada kulit durian (*Durio zibethinus Murr.*) yang telah dikarbonkan ada beberapa puncak serapan yang bergeser dan beberapa puncak hilang karena proses karbonisasi membentuk karbon dengan temperatur tinggi mencapai 320°C. Akibat dari proses pemanasan yang tinggi, sehingga mengalami perubahan struktur pada kulit durian sehingga terjadi pergeseran bilangan gelombang. Gugus hidroksil (-OH) muncul pada bilangan gelombang 3222  $\text{cm}^{-1}$  dengan transmitan sebesar 84,58 %T. Penurunan puncak serapan menunjukkan bahwa gugus hidroksil dan air terurai ketika proses pengkarbonan dan pergeseran serapan akan membentuk senyawa aromatik penyusun karbon. Bilangan gelombang menunjukkan 1556  $\text{cm}^{-1}$  mengindikasikan vibrasi ulur dari gugus fungsi C=C aromatik dengan nilai transmitan 80,94 %T. Pada bilangan gelombang 1375  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi ulur dari gugus fungsi C-OH dengan nilai transmitan 78,62 %T.

Hasil FTIR pada karbon sebelum aktivasi dengan setelah aktivasi jika dibandingkan setiap peak yang muncul tidak mengalami perubahan dan pergeseran pita serapan yang signifikan. Beberapa peak hanya mengalami pergeseran serapan bilangan gelombang. Untuk karbon aktif serapannya lebih besar jika dibandingkan dengan karbon sebelum diaktifkan, hal ini terlihat dari nilai transmitan karbon aktif yang lebih kecil. Aktivasi menyebabkan adanya perubahan pada gugus-gugus fungsi yang terlibat sehingga terjadinya perubahan bilangan gelombang. Karbon hasil karbonisasi umumnya mengandung material yang masih menutupi pori-pori dari permukaan karbon tersebut. Pada saat aktivasi memungkinkan sebagian senyawa ada yang terurai sehingga menyebabkan terjadinya perubahan bilangan gelombang. Kemudian juga terjadinya vibrasi yang menyebabkan terjadinya perubahan ikatan. Pada adsorben karbon kulit durian yang telah diaktivasi dengan menggunakan NaOH, peregangan puncak hidroksil (-OH) menunjukkan vibrasi ulur terlihat pada bilangan gelombang 3337  $\text{cm}^{-1}$  dengan nilai transmitan 77,13 %T. Peregangan gugus C=C aromatik terjadinya pergeseran pita serapan sebesar 1576  $\text{cm}^{-1}$  dengan nilai transmitan yang didapatkan sebesar 63,04 %T. Selanjutnya peregangan pada gugus fungsi C-OH terjadinya perubahan pita serapan dengan pergeseran muncul pada bilangan gelombang 1239  $\text{cm}^{-1}$  dengan nilai transmitan yang didapatkan sebesar 63,83 %T. Berdasarkan pola spektra FTIR dapat diketahui bahwa proses aktivasi mempengaruhi intensitas serapan pada daerah panjang gelombang dan mengakibatkan perubahan struktur gugus fungsi.

Karakteristik karbon aktif komersial dapat dilihat pada bilangan gelombang pada bilangan gelombang 3338  $\text{cm}^{-1}$

terdapat peregangan hidroksil (-OH) dengan nilai transmitan 77,92 %T. Kemudian bilangan gelombang 1576  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya ikatan C=C aromatik dengan nilai transmitan 68,86 %T. Selanjutnya bilangan gelombang 1173  $\text{cm}^{-1}$  merupakan peregangan dari gugus C-OH dengan nilai transmitan 65,58 %T.

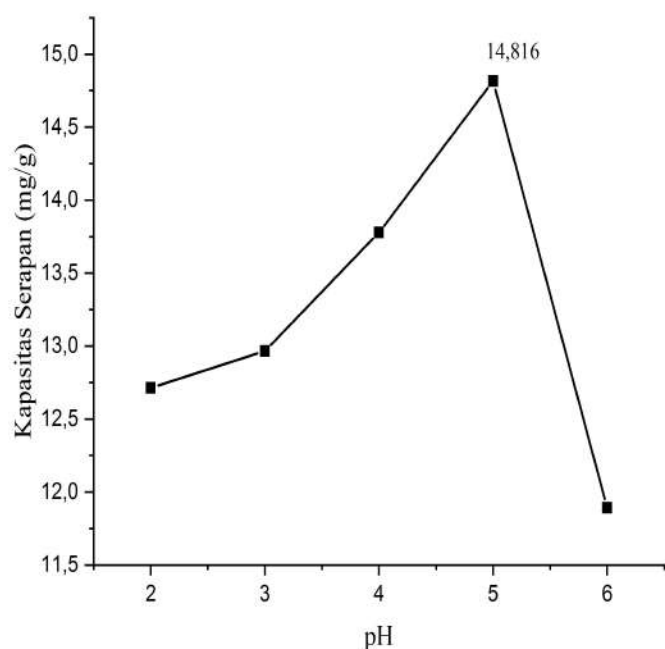
Pada adsorben yang telah dikontakkan dengan *methylene blue* juga terdapat pergeseran beberapa bilangan gelombang. Peregangan puncak hidroksil (-OH) menunjukkan vibrasi ulur terlihat pada bilangan gelombang 3196  $\text{cm}^{-1}$  dengan nilai transmitan 90,43 %T. Peregangan gugus C=C aromatik terjadinya pergeseran pita serapan sebesar 1580  $\text{cm}^{-1}$  dengan nilai transmitan yang didapatkan sebesar 83,02 %T. Selanjutnya peregangan pada gugus fungsi C-OH terjadinya perubahan pita serapan dengan pergeseran muncul pada bilangan gelombang 1229  $\text{cm}^{-1}$  dengan nilai transmitan yang didapatkan sebesar 82,50 % T.

Berdasarkan spektrum FTIR karbon setelah diaktivasi dengan karbon aktif setelah dikontakkan dengan *methylene blue* menunjukkan bahwa telah terjadi pergeseran angka gelombang pada spektrum FTIR karbon aktif setelah menyerap *methylene blue*. Umumnya, angka gelombang pada spektrum FTIR setelah penyerapan mengalami pergeseran ke arah angka gelombang yang lebih kecil. Pergeseran angka gelombang yang dimiliki gugus fungsi O-H alkohol, C=C aromatis dan C-OH menandakan keterlibatan gugus fungsi tersebut dalam menyerap molekul zat warna *methylene blue* [10].

#### B. Pengaruh Variasi pH

Pengaruh pH memainkan peran penting selama terjadinya adsorpsi dan mempengaruhi kapasitas penyerapan zat warna oleh permukaan adsorben. Kapasitas adsorpsi tergantung pada pH larutan karena variasi pH menyebabkan variasi derajat ionisasi zat warna dan jenis muatan yang dominan pada permukaan adsorben. Keberadaan ion hidroksil (OH<sup>-</sup>) dan ion hidrogen (H<sup>+</sup>) yang digunakan saat mengatur pH berpengaruh terhadap interaksi yang terjadi antara adsorben dengan molekul adsorbat. Oleh karena itu, perlu dipelajari pengaruh pH terhadap kapasitas penyerapan *methylene blue*.

Pengaturan pH dilakukan dengan penambahan NaOH atau HNO<sub>3</sub> sehingga diperoleh variasi pH 2, 3, 4, 5, dan 6 pada konsentrasi 120 mg/L. Adapun penambahan NaOH atau HNO<sub>3</sub> pada larutan dapat mengubah konsentrasi ion H<sup>+</sup> dan ion OH<sup>-</sup> sehingga pada saat kondisi asam (pH < 7) maka konsentrasi ion H<sup>+</sup> akan lebih besar dari pada ion OH<sup>-</sup> sebaliknya pada kondisi basa (pH > 7) maka konsentrasi ion OH<sup>-</sup> akan lebih besar dari pada ion H<sup>+</sup>. Grafik hubungan kapasitas penyerapan *methylene blue* dengan pH larutan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh pH larutan *methylene blue* terhadap penyerapan adsorben karbon aktif

Pada gambar 2 menunjukkan bahwa kapasitas penyerapan yang paling tinggi terjadi pada pH 5 sebesar 14,816 mg/g dengan persentase penyerapan 99,65%. Sedangkan pada kondisi pH 2 kapasitas penyerapan sebesar 12,713 mg/g dengan persentase penyerapan sebesar 99,60%. Pada pH 6 terjadi penurunan kapasitas penyerapan sebesar 11,892 mg/g dengan persentase penyerapan sebesar 99,63%.

Kapasitas adsorpsi yang rendah diperoleh pada pH asam disebabkan karena terjadinya protonasi pada permukaan adsorben yang mencegah molekul zat warna kationik terserap ke permukaan adsorben sehingga terjadi tolakan elektrostatis antar kedua spesi tersebut [11]. Terjadinya kompetisi antara ion  $H^+$  pada larutan dengan muatan positif zat warna juga mengakibatkan rendahnya kapasitas adsorpsi zat warna kationik pada permukaan adsorben [12].

Hal ini dapat menjelaskan rendahnya proses adsorpsi molekul *methylene blue* pada pH 2. Karena pada pH rendah, permukaan adsorben dikelilingi oleh ion  $H^+$ , sehingga gaya tolak dihasilkan antara permukaan adsorben dan *methylene blue*. Ada persaingan antara molekul *methylene blue* dan ion  $H^+$ , yang mengikat permukaan karbon aktif dan mengurangi adsorpsi. Efisiensi menurun pada pH netral atau basa. Hal ini dikarenakan larutan berada dalam kesetimbangan pada pH netral, sehingga menyebabkan kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi larutan menurun. Pelepasan ion  $Cl^-$  akan terhambat sehingga interaksi larutan ion *methylene blue* dengan adsorben sangat rendah [13].

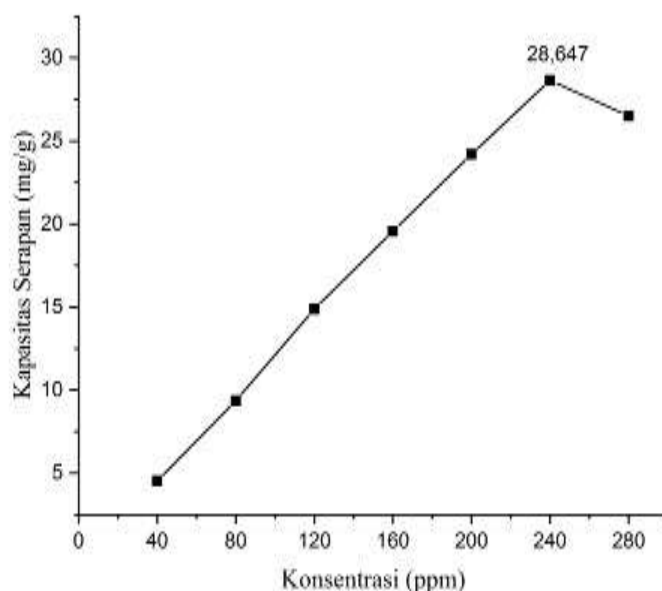
Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa kapasitas serapan optimum zat warna *methylene blue* oleh karbon aktif dari kulit durian (*Durio zibethinus Murr.*) yaitu pada pH 5 dengan kapasitas serapan 14,816 mg/g disebabkan karena permukaan karbon aktif lebih banyak mengikat ion *methylene blue* dibandingkan dengan ion  $H^+$ .

### C. Pengaruh Konsentrasi Larutan

Pengaruh konsentrasi memainkan peran penting terhadap nilai kapasitas maksimum suatu adsorben. Hubungan antara konsentrasi awal zat warna dengan kapasitas adsorpsi juga diperlukan untuk menentukan model isoterm adsorpsi.

Pengaruh konsentrasi awal methylene blue terhadap kapasitas adsorpsi dipelajari menggunakan variasi konsentrasi dengan rentang 40-280 mg/L pada kondisi pH optimum yaitu pH 5 selama 30 menit dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Umumnya bila konsentrasi yang digunakan semakin tinggi maka penyerapan karbon aktif terhadap larutan *methylene blue* akan semakin meningkat sampai sisi aktif dari karbon aktif jenuh dan tidak dapat melakukan penyerapan. Konsentrasi larutan *methylene blue* dapat mempengaruhi penyerapan, hingga karbon tidak dapat menyerap larutan *methylene blue*.

Pengaruh konsentrasi larutan zat warna *methylene blue* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi larutan *methylene blue* terhadap penyerapan adsorben karbon aktif

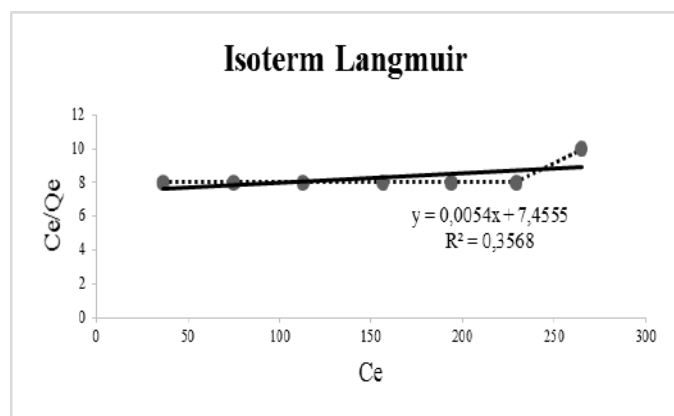
Pada gambar 3 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi zat warna *methylene blue* mengalami peningkatan sesuai dengan kenaikan konsentrasi *methylene blue* yang digunakan. Saat konsentrasi awal *methylene blue* dinaikkan dari 40 ppm hingga 280 ppm, kapasitas adsorpsi juga mengalami kenaikan. Kapasitas serapan optimum terjadi pada konsentrasi 240 ppm dengan kapasitas adsorpsi 28,647 mg/g dan persentase penyerapan 99,66 %. Peningkatan kapasitas adsorpsi karena ion *methylene blue* yang terikat dengan sisi aktif adsorben kulit durian bertambah banyak. Hal ini dikarenakan jumlah ion yang teradsorpsi sebanding dengan jumlah situs aktif yang tersedia pada adsorben [14]. Ketika permukaan aktif adsorben jenuh, terlihat pada konsentrasi 280 ppm dan kapasitas adsorpsi menurun.

Konsentrasi awal zat warna berpengaruh terhadap pengisian sisi aktif pada adsorben. Pada konsentrasi awal zat warna yang rendah, sisi aktif adsorben cukup untuk mengadsorpsi sejumlah kecil molekul zat warna. Sebaliknya, pada konsentrasi awal zat warna yang tinggi, jumlah situs aktif yang tetap pada adsorben tidak mampu meningkatkan jumlah penghilangan molekul zat warna, sehingga proporsi molekul zat warna yang tersisa dalam larutan meningkat, yang mengarah pada penurunan kapasitas penyerapan zat warna [15].

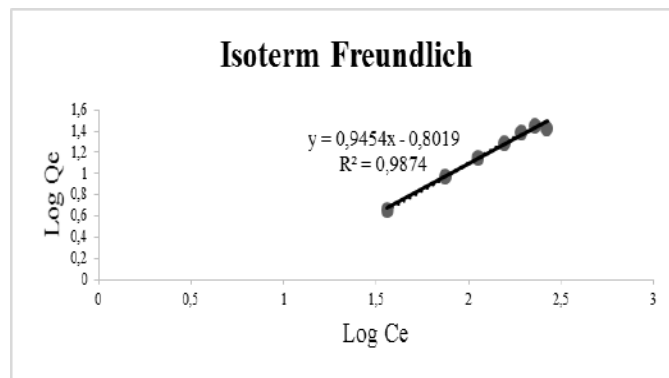
Hevira et al (2020) menjelaskan bahwa jika konsentrasi awal zat warna diatas konsentrasi optimum, maka interaksi antara zat warna dengan permukaan adsorben menjadi terganggu. Hal tersebut disebabkan karena sisi aktif adsorben menjadi jenuh sehingga tidak ada lagi sisi aktif yang mampu berinteraksi dengan zat warna. Zein et al (2019) menjelaskan bahwa kapasitas adsorpsi meningkat dengan meningkatnya konsentrasi zat warna karena interaksi elektrostatis antara situs aktif pada permukaan adsorben molekul zat warna meningkat. [16]

Dua model isoterm adsorpsi digunakan, yaitu isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir. Persamaan linier model Freundlich isotermal diperoleh dengan cara menghubungkan nilai log  $C_e$  dengan log  $q_e$ , sedangkan untuk model isoterm Langmuir dengan cara menghubungkan nilai  $C_e$  dengan  $C_e/q_e$ . Model kinetika yang cocok dengan proses adsorpsi dipilih pada model yang memiliki nilai  $R^2$  yang mendekati satu [17].

Kurva isoterm adsorpsi berdasarkan isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich dapat dilihat pada gambar 4 dan 5



Gambar 4. Isoterm Langmuir



Gambar 5. Isoterm Freundlich

Pada gambar 4 dan 5 menunjukkan bahwa adsorpsi *methylene blue* oleh adsorben karbon aktif dari kulit durian cenderung mengikuti isoterm Freundlich. Nilai koefisien determinan ( $R^2$ ) isoterm Freundlich lebih tinggi yaitu 0,9874 dibandingkan dengan isoterm Langmuir 0,3568. Hal ini menyatakan bahwa *methylene blue* yang teradsorpsi secara fisika membentuk lapisan multilayer dengan permukaan sisi aktif adsorben karbon aktif kulit durian (*Durio zibethinus Murr.*) bersifat heterogen. Molekul teradsorpsi mudah dilepaskan kembali karena tidak berikatan dengan kuat [18].

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan

1. Karbon aktif berhasil dibuat dari kulit durian melalui tahap karbonisasi pada suhu  $320^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam dan dilanjutkan dengan tahap aktivasi menggunakan NaOH
2. Gugus fungsi yang berperan dalam penyerapan karbon aktif terhadap *methylene blue* adalah O-H stretching dan C=C aromatik dan C-OH.
3. Kondisi optimum terjadi pada pH 5 dan konsentrasi 240 mg/L dengan kapasitas penyerapan 28,647 mg/g sehingga karbon aktif dari kulit durian terbukti mampu melakukan penyerapan terhadap zat warna *methylene blue*

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing dan rekan-rekan mahasiswa yang telah membantu dalam penulisan artikel ini. Dan penulis ucapkan terimakasih kepada Bapak dan Ibu Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

#### REFERENSI

- [1] R. Tanumiharja, "Sintesa Karbon Aktif dari Kulit Salak dengan Aktivasi Kimia-Senyawa  $\text{ZnCl}_2$  dan Aplikasinya pada Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru," Paper presented at the Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan., 2015.
- [2] R. Silvia, "Penyerapan Zat Warna Malachite Green Menggunakan Kulit Pisang Kepok (*Musa balbisiana* Colla) Sebagai Biosorben Dengan Metode Batch," *Periodic*, vol. 9, no. 2, pp. 71-75, 2020.
- [3] R. T. P. d. M. P. U. Endang Widjajanti, "Pola Adsorpsi Zeolit Terhadap Pewarna Azo," *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*, 2011.

- [4] K.Y.FooB.H.Hameed, "Textural porosity, surface chemistry and adsorptive properties of durian shell derived activated carbon prepared by microwave assisted NaOH activation," *Chemical Engineering Journal*, vol. 187, pp. 53-62, 2012.
- [5] D. & D. O. L. Fitriani, "Pemanfaatan Kulit Pisang Sebagai Adsorben Zat Warna Methylene Blue," *GRADIEN: Jurnal Ilmiah MIPA*, vol. 11, no. 2, pp. 1091-1095, 2015.
- [6] Y. D. W. S. W. & K. M. M. Lestari, "Degradasi methylene blue menggunakan fotokatalis TiO<sub>2</sub>-N/Zeolit dengan sinar matahari," *Jurnal Ilmu Kimia Universitas Bravijaya*, vol. 1, no. 1, p. 592, 2015.
- [7] S. S. Rizna Rahmi, "Pemanfaatan Adsorben Alami (Biosorben) untuk Mengurangi Kadar Timbal (Pb) dalam Limbah Cair," *Prosiding Seminar Nasional BIOTIK*, vol. 5, 2017.
- [8] A. H. d. A. Hasibuan, "Studi Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Posfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) dan Waktu Perendaman Karbon terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Kulit Durian," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 9, no. 2, 2020.
- [9] Mario, Abdullah, "Pemanfaatan Isolat Selulosa Ampas Tebu sebagai Chelating Agent (CAT) Zat Pewarna pada Jajanan Anak Sekolah (JAS)," *Jamb.J.Chem*, vol. 01, no. 2, pp. 34-41, 2019.
- [10] R. F. H. Melo, "Cellulose nanowhiskers improve the methylene blue adsorption capacity of chitosan-g-poly (acrylic acid) hydrogel.," *Carbohydrate polymers*, vol. 181, pp. 358-367, 2018.
- [11] M. E. Chaidir, "Chaidir, Z., Furqani Utilization of Annona muricata L. seeds as potential adsorbents for the removal of Rhodamine B from aqueous solution," *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, vol. 7, no. 4, pp. 879-888, 2015.
- [12] N. F. F. & S. Q. Nurhasni, "Penyerapan Ion Aluminium dan Besi dalam Larutan Sodium Silikat Menggunakan Karbon aktif," *Jurnal Kimia Valensi*, vol. 2, no. 4, 2012.
- [13] Chergui, " Simultaneous biosorption of Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> and Cr<sup>6+</sup> from aqueous solution by Streptomyces rimosus biomass," *Desalination*, vol. 206, no. 1-3, pp. 179-184, 2007.
- [14] A. N. A. S. Wong, "Adsorption of anionic dyes on spent tea leaves modified with polyethyleneimine (PEI-STL)," *Journal of Cleaner Production*, vol. 206, pp. 394-406, 2019.
- [15] L. I. J. O. & Z. R. Hevira, "Biosorption of indigo carmine from aqueous solution by Terminalia catappa shell," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 8, no. 5, p. 104290, 2020.
- [16] M. A. Ahmad, "Sorption studies of methyl red dye removal using lemon grass (Cymbopogon citratus)," *Chemical Data Collections*, vol. 22, p. 100249, 2019.
- [17] R. H. & R. A. Khuluk, "Removal of Methylene Blue by Adsorption onto Activated Carbon From Coconut Shell (Cocous Nucifera L.)," *Indonesian Journal of Science & Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 229-240, 2019.
- [18] A. Apriliani, "Pemanfaatan arang ampas tebu sebagai adsorben ion logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam air limbah," *Jurnal*, 2010.