

Pengaruh Waktu Kontak dan Massa Adsorben Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*) dengan Aktivator H_3PO_4 terhadap Kapasitas Adsorpsi Zat Warna *Methylene Blue*

The Effect of Contact Time and Mass of Tamarind Seeds (*Tamarindus indica*) Adsorbent Using H_3PO_4 Activator Against Adsorption Capacity of Methylene Blue

Andri Rizki*, Ervan Syahputra, Setiaty Pandia, Halimatuddahlia
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Jalan Almamater Kampus USU, Medan, 20155, Indonesia
*Email : andrir808@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kapasitas adsorpsi methylene blue terbaik dengan variasi massa adsorben, dan waktu kontak serta mengetahui kinetika reaksi dan isoterm adsorpsi Biosorben. Bahan baku dari Biosorben adalah biji asam jawa. Biji asam jawa dicuci hingga pH netral dan dikeringkan dalam oven pada suhu 130 °C hingga berat konstan, kemudian dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan menggunakan ayakan 140 mesh. Adsorben biji asam jawa dengan ukuran 140 mesh ditambahkan ke dalam 100 ml larutan *methylene blue* dengan kecepatan pengadukan 150 rpm pada setiap variasi waktu kontak 30 menit, 60 menit, 120 menit dan 180 menit dan massa adsorben 0,3 g, 0,4 g, 0,6 g dan 0,9 g. Hasil pengadukan disaring dan diukur absorbansi filtratnya. Efisiensi penjerapan methylene orange terbaik adalah 98,827% dengan waktu kontak 120 menit dan pH 6 pada biosorben 0,9 g. Kapasitas adsorpsi methylene blue maksimum adalah 24,670 mg/g pada konsentrasi methylene orange 100 mg/L. Model yang sesuai pada penelitian ini adalah model kinetika orde dua dan isoterm adsorpsi Freundlich. Hasil spektrofotometer Fourier Transform Infra-Red (FTIR) pada bahan baku biji asam jawa sebelum aktivasi didapatkan hasil bilangan gelombang yang menunjukkan adanya gugus fungsi C-O, O-H, dan gugus C=O yang merupakan gugus khas yang terdapat pada karbon aktif, gugus fungsi yang muncul setelah aktivasi adalah gugus C=C yang menunjukkan adanya peningkatan karbon dan gugus C-H (Alkenes). Hasil karakterisasi Scanning Electron Microscope (SEM) menunjukkan bahwa morfologi permukaan biosorben biji asam jawa memiliki permukaan pori-pori yang terbuka, kasar, dan porositasnya yang seragam. Pori-pori biosorben setelah aktivasi dalam keadaan kosong tanpa pengotor.

Kata kunci : adsorpsi, methylene blue, biosorbent, kinetika

Abstract

This study aims to determine the best adsorption capacity of methylene blue with variations in the mass of the adsorbent, contact time and determine the reaction kinetics and adsorption isotherms of activated carbon. The raw material for activated carbon is tamarind seeds. Tamarind seeds is started to neutral pH and dried in an oven at 130°C to a constant weight, then mashed using a blender and sifted using a 140 mesh sieve. adsorbent 140 mesh was added to 100 ml of methylene blue solution at a stirring speed 150 rpm for each variation of contact time 30 minutes, 60 minutes, 120 minutes and 180 minutes and mass of adsorbent 0,3 gs, 0,4 gs, 0,6 gs and 0,9 gs. The efficiency of the best description of methylene blue is 98,827% with 120 minutes and pH 6 at 0,9 gs of activated carbon. The maximum methylene orange adsorption capacity is 24,670 mg/g at 100 mg/L methylene blue concentration. The model suitable for this study is the second order kinetics and Freundlich adsorption isotherm. The results of the Fourier Transform Infra-Red (FTIR) spectrophotometer on the raw material of Tamarind seeds before activated were obtained by wave number which shows the presence of functional groups C-O, O-H, and C=O groups which form a special group found on biosorbent, functional groups that appear after activation is a C=C group which shows an increase in carbon and C-H groups (Alkenes). The results of the Scanning Electron Microscope (SEM) characterization show that the surface morphology of the activated carbon from tamarind seeds has a surface that is open, coarse, and uniform porosity. The pores of biosorbent after activation in vacant soil without impurity.

Keywords : adsorption, methylene blue, biosorbent, kinetics

Pendahuluan

Salah satu masalah yang paling mengganggu dari limbah industri tekstil adalah kandungan zat warna. Dalam industri tekstil, zat warna merupakan salah satu bahan baku utama. Sekitar 10 – 15% dari zat warna yang sudah digunakan tidak dapat dipakai ulang dan harus dibuang. Zat warna yang dikandung limbah industri tekstil dapat mengganggu kesehatan, misalnya iritasi kulit dan iritasi mata hingga menyebabkan kanker. Selain itu, zat warna juga dapat menyebabkan terjadinya mutasi gen [7].

Limbah industri tekstil mengandung zat warna dengan kadar sekitar (20 – 30) mg/L sehingga sukar terurai secara alami serta menyebabkan terganggunya ekosistem dalam air [27]. Zat warna yang sering digunakan pada industri tekstil ialah *methylene blue* yang merupakan senyawa aromatik heterosiklik kationik. Konsentrasi *methylene blue* untuk nilai ambang batas yang diperbolehkan dalam perairan sekitar (5 – 10) mg/L [8]. Oleh karena itu, diperlukan suatu teknologi pengolahan limbah yang mampu mempercepat penguraian limbah zat warna.

Hingga saat ini telah banyak metode yang telah dikembangkan untuk mengurangi zat warna yang terlarut dalam air, misalnya filtrasi membran, adsorpsi, koagulasi, pengendapan, elektrolisis, oksidasi kimiawi, pertukaran ion, dan beberapa teknik biologis lainnya. Dari semua alternatif yang telah disebutkan, adsorpsi merupakan metode terbaik dalam mengadsorpsi zat warna [28].

Salah satu alternatif dalam pengolahan limbah cair adalah penggunaan bahan – bahan biologis sebagai adsorben, misalnya biji asam jawa [24]. Penelitian sebelumnya telah menggunakan biji asam jawa sebagai adsorben dan nilai kapasitas adsorpsinya : 11,11 mg/g [23], 1,1874 mg/g [17].

Teori

Asam jawa (*Tamarindus indica*) termasuk ke dalam suku *Fabaceae* (*Leguminosae*). Spesies ini adalah satu-satunya anggota marga *Tamarindus*. Beberapa bagian tumbuhan asam jawa telah dimanfaatkan untuk keperluan pangan dan medis. Daging buah asam jawa digunakan sebagai bahan baku pembuatan obat – obatan herbal, sedangkan bunga dan daun asam jawa biasa dikonsumsi sebagai sayuran [9].

Biji asam jawa memiliki kandungan tanin sebesar 20,2% yang terdapat pada kulit biji (*seed coat*) dan kandungan pati (*starch*) dalam daging biji cukup besar sekitar 33,1% [10].

Kemampuan biji asam jawa sebagai biokoagulan diakibatkan kandungan proteinnya yang cukup tinggi yang dapat berperan sebagai polielektrolit alami. Protein yang terkandung dalam biji asam dapat mengikat partikel-partikel tersebut sehingga partikel koloid terdestabilisasi membentuk ukuran yang lebih besar dan pada akhirnya akan terendapkan [14].

Biji asam jawa mengandung polisakarida yang memiliki gugus –OH sehingga dapat digunakan sebagai adsorben. Karbohidrat adalah senyawa organik yang termasuk dalam golongan senyawa polimer. Senyawa polimer ini terdiri dari monomer berupa D-glukosa yang berikatan dengan glukosa membentuk 1,4'-β-D-glukosa. Molekul – molekul selulosa seluruhnya membentuk linear dan mempunyai kecenderungan kuat membentuk ikatan-ikatan hidrogen intramolekul dan intermolekul. Ikatan hidrogen intramolekul terbentuk antara gugus-gugus –OH dari unit-unit glukosa yang berdekatan dalam molekul selulosa yang sama. Ikatan hidrogen antarmolekul terbentuk dari gugus –OH dari molekul selulosa yang berdampingan. Berdasarkan struktur, biji asam jawa yang mengandung selulosa mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai adsorben karena mengandung gugus hidroksil (–OH) yang dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat [19].

Adsorpsi merupakan proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap kedalam padatan tersebut [3]. Proses adsorpsi memperlihatkan kemampuan adsorbat untuk menempel pada bahan penjerap. Proses ini dapat diaplikasikan pada pemisahan polutan terlarut atau untuk mengambil kembali bahan yang bernilai tinggi tapi berjumlah sedikit pada suatu campuran.

Mekanisme yang terjadi pada proses adsorpsi yaitu :

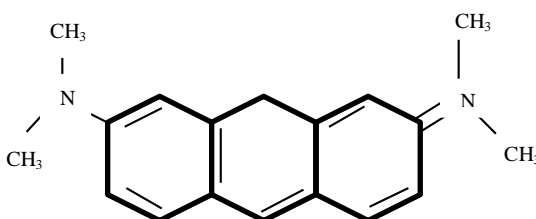
1. Molekul-molekul adsorben berpindah dari fase bagian terbesar larutan ke permukaan interfasa, yaitu lapisan film yang melapisi permukaan adsorben atau eksternal.
2. Molekul adsorben dipindahkan dari permukaan ke permukaan luar dari adsorben (*exterior surface*).
3. Molekul-molekul adsorbat dipindahkan dari permukaan luar adsorben menyebar menuju pori-pori adsorben. Fase ini disebut dengan difusi pori.
4. Molekul adsorbat menempel pada permukaan pori-pori adsorben.

Ada dua metode adsorpsi yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Perbedaan dasar antara adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia adalah sifat dari gayagaya yang menyebabkan ikatan adsorpsi tersebut.

Kemampuan suatu karbon aktif untuk mengadsorpsi suatu zat dalam adsorbat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu [13] :

1. Jenis adsorben
2. Kecepatan pengadukan
3. Waktu aktivasi
4. Luas permukaan adsorben
5. Waktu kontak
6. Ukuran molekul adsorbat
7. Konsentrasi adsorbat

Methylene blue merupakan zat warna yang memiliki struktur molekul $C_{16}H_{18}N_3SCl$ dan sangat sering digunakan sebagai adsorbat dalam penelitian karena sifatnya yang merusak lingkungan [27]. Senyawa ini merupakan hidrokarbon aromatik yang beracun dan merupakan zat warna kationik dengan daya adsorpsi yang sangat kuat. Pada umumnya *methylene blue* digunakan sebagai pewarna sutra, wool, tekstil, kertas, peralatan kantor dan kosmetik. Senyawa ini berupa kristal berwarna hijau gelap. Ketika dilarutkan, *methylene blue* dalam air atau alkohol akan menghasilkan larutan berwarna biru. *Methylene blue* memiliki berat molekul 319,86 g/mol, dengan titik lebur di $105^{\circ}C$ dan daya larut sebesar $4,36 \times 10^4$ mg/L [17]. Struktur *methylene blue* tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Kimia Molekul *Methylene Blue*

Metodologi Penelitian

Pengumpulan Bahan Baku

Biji asam jawa didapatkan dari sekitar lingkungan Universitas Sumatera Utara.

Pembuatan Biosorben Biji Asam Jawa

Biji asam jawa yang telah dicuci dengan air lalu dikeringkan di bawah sinar matahari selama satu minggu. Biji asam jawa kemudian dihaluskan dengan menggunakan *ball mill* lalu diayak dengan ayakan 140 *mesh* dan diambil serbuk yang lolos ayakan. Biosorben direndam dalam larutan aktivator H_3PO_4 4 N dan dipanaskan selama 2 jam pada suhu $80^{\circ}C$

sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan rasio perbandingan biosorben : H_3PO_4 , 1:1 (b/v). Biosorben didinginkan dan dicuci dengan air untuk menghilangkan residu asam kemudian disaring. Setelah itu dikeringkan pada suhu $130^{\circ}C$ dalam oven selama 2 jam. Prosedur diulangi untuk variasi rasio perbandingan biosorben : H_3PO_4 , 1:2, 1:3 dan 1:4 (b/v). Kemudian dilakukan analisa Bilangan iodin, FTIR dan SEM pada biosorben dengan hasil bilangan iodin terbaik.

Penentuan Waktu Kontak dan Massa Adsorben Optimum

Sebanyak 0,9 g sampel serbuk biji asam jawa dengan ukuran 140 *mesh* ditambahkan ke dalam 100 ml larutan *methylene blue* 100 mg/L. Kemudian larutan tersebut dengan motor pengaduk dengan kecepatan pengadukan 150 rpm selama 30 menit. Hasil pengadukan disaring dengan menggunakan kertas saring. Lalu diukur adsorbansi filtratnya dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Hasil pengukuran akan berupa konsentrasi dari filtratnya. Berat adsorbat teradsorpsi dimasukkan ke dalam persamaan sehingga didapatkan luas permukaan biosorben. Prosedur diulangi untuk variasi waktu kontak 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit dan 180 menit. Prosedur diulangi untuk variasi massa adsorben 0,3 g, 0,4 g, 0,6 g dan 0,9 g dengan waktu kontak optimum dari penelitian sebelumnya.

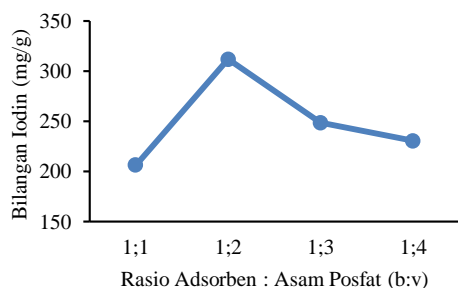
Analisa Biosorben dan Proses Adsorpsi

Biosorben biji asam jawa yang dihasilkan dilakukan uji bilangan iodin, SEM untuk melihat morfologi permukaannya dan FTIR untuk melihat kandungan senyawanya. Setelah dilakukan proses adsorpsi diukur nilai absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer Uv-Vis.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Bilangan Iodin Biji Asam Jawa

Pada penelitian ini. Bilangan iodin sebelum diaktivasi adalah 149,812 mg/g. Dari hasil penelitian diperoleh adsorben dengan kapasitas adsorpsi yang paling baik dari berbagai variasi rasio adsorben : aktivator (b:v) tertentu yang dinyatakan sebagai bilangan iodin (mg/g), yaitu jumlah mg iodin yang dapat diserap oleh setiap 1 g adsorben, sebagaimana digambarkan melalui grafik pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Pengaruh Rasio Adsorben terhadap Bilangan Iodin Adsorben pada Rasio Adsorben : Asam Posfat (b:v) Tertentu

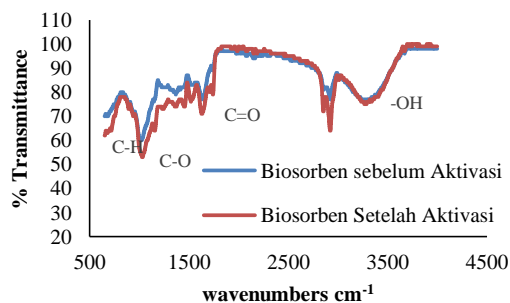
Dari grafik pada Gambar 2 di atas dapat dilihat bahwa bilangan iodin cenderung meningkat seiring dengan semakin kecilnya rasio adsorben : asam posfat (b:v) pada suhu pemanasan yang sama, dan pada titik tertentu mengalami penurunan. Bilangan iodin paling besar diperoleh yaitu pada suhu pemanasan 130 °C untuk rasio 1:2, sebesar 312,067 mg/g. Pada lama aktivasi 120 menit bilangan iodin terus meningkat seiring bertambahnya suhu aktivasi. Hal ini menunjukkan semakin tinggi suhu aktivasi maka daya serap adsorben juga semakin meningkat. Pada suhu 130°C bilangan iodin cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya lama aktivasi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama aktivasi, pori-pori adsorben semakin banyak terbuka sehingga meningkatkan daya serap adsorben.

Berdasarkan teori, Peningkatan daya serap metilen biru dan iodin dari adsorben yang diaktivasi dapat terjadi karena aktivasi menggunakan aktivator asam fosfat (H_3PO_4) dapat membersihkan pori-pori dan memperluas permukaan adsorben serta memberikan gugus aktif sehingga dapat memperbesar daya serap adsorben tersebut [22]. Seiring dengan peningkatan suhu, pengotor-pengotor yang mulanya terdapat pada bagian pori dan menutupi pori, ikut terlepas atau teruapkan sehingga memperluas permukaan karbon aktif. Semakin besar luas permukaan biosorben maka semakin besar kemampuan adsorpsi karbon aktif [9]. Pada pemanasan yang berlebihan dapat terjadi pengurangan mesopori dan mikropori pada adsorben tersebut [10] serta menyebabkan kerusakan struktur dan dinding pori yang dapat menghambat pertumbuhan pori [2].

Dari hasil yang didapat, ada beberapa ketidakteraturan pada data disebabkan oleh beberapa kemungkinan, pertama kadar air sulit dikontrol sebelum dilakukan penyerapan iodin, kedua ketidakmerataan adsorben dalam wadah saat proses aktivasi dilakukan sehingga asam posfat tidak efektif dalam memodifikasi adsorben biji asam jawa. Dapat disimpulkan bahwa kondisi rasio biji asam jawa : asam posfat yang paling optimum dalam menyerap senyawa iodin yaitu sebesar 1:2 dengan bilangan iodin 312,067 mg/g.

Analisa FTIR dan SEM Biosorben Biji Asam Jawa Sebelum dan Sesudah Aktivasi H_3PO_4

Adapun hasil yang diperoleh diberikan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Spektrum inframerah FT-IR

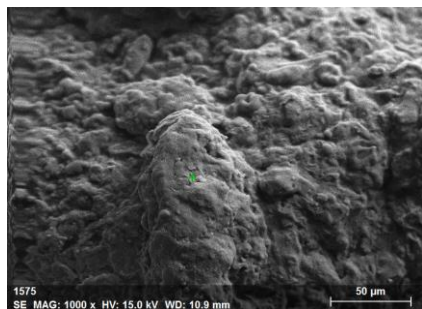
Pada hasil yang diperoleh dapat dilihat spektrum gelombang *Fourier Transform Infrared* (FTIR) memiliki panjang gelombang 4000 - 500 cm^{-1} . Pada biji asam jawa sebelum diaktivasi menunjukkan *band* terbesar pada bilangan gelombang 3367 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus OH. Puncak serapan pada bilangan 3500 – 3200 cm^{-1} (merujuk pada O-H *stretching*) mengindikasikan adanya gugus fungsi O-H (hidroksil) [5]. Panjang gelombang 1300-1000 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-O. (merujuk pada C-O *stretching*) [19]. Pada biji asam jawa sebelum dan setelah aktivasi, *band* terbesar yaitu pada 1034 dan 1025 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus C-O. Selain itu, juga terdapat *band* 3341 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus O-H. Pada biji asam jawa sebelum dan sesudah pencucian muncul panjang gelombang 1633 cm^{-1} dan 1621 cm^{-1} . Puncak serapan pada bilangan 1820-1600 cm^{-1} mengindikasikan keberadaan gugus C=O (karbonil). Gugus C=O (karbonil) merupakan gugus khas yang terdapat pada karbon aktif dan menunjukkan bahwa biji asam jawa membentuk zat aktif karbon [18].

Selanjutnya, muncul panjang gelombang 3367 cm^{-1} yang rendah dan tajam sehingga menunjukkan adanya gugus O-H bebas. Selain itu, biosorben sebelum aktivasi dan setelah aktivasi muncul panjang gelombang 901 cm^{-1} dan 904. Gelombang ini menunjukkan adanya gugus C-H (*Alkenes*).

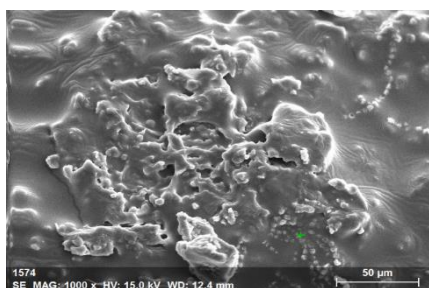
Gugus fungsi yang terdapat pada biosorben biji asam jawa yaitu gugus O-H, C-O, C=O, C=C, dan C-H. Berdasarkan hasil FTIR menunjukkan bahwa biosorben yang dihasilkan dapat dikatakan sebagai biosorben.

Adsorben sebelum dan setelah diaktivasi selanjutnya dikarakterisasi morfologi permukaan adsorben dengan SEM.

Adapun hasil yang diperoleh diberikan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



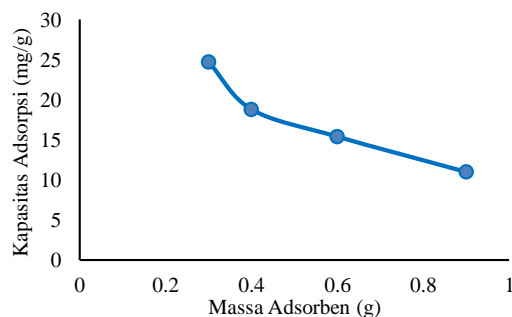
Gambar 4. Hasil SEM untuk Adsorben Biji Asam Jawa Sebelum Diaktivasi



Gambar 5. Hasil SEM untuk Adsorben Biji Asam Jawa Sesudah Diaktivasi

Pada Gambar 4 dan 5 dapat dilihat bahwa struktur permukaan biji asam jawa sebelum aktivasi masih diselubungi oleh zat pengotor. Pada biji asam jawa yang telah diaktivasi, dapat dilihat bahwa permukaannya berbentuk pori-pori yang banyak dan zat pengotornya sudah berkurang. Analisa dengan SEM-EDS membuktikan terjadinya perubahan morfologi dan komposisi unsur pada biji asam jawa. Perubahan ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi biji asam jawa dalam penyerapan zat warna *methylene blue*.

Pengaruh Waktu Kontak dan Massa Adsorben Terhadap Kapasitas Adsorpsi



Gambar 6. Pengaruh Waktu Kontak dan Massa Adsorben Terhadap Kapasitas Adsorpsi

Pengaruh waktu kontak dan massa adsorben terhadap kapasitas adsorpsi yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 6. Gambar 6 menunjukkan bahwa ada pengaruh massa biji asam jawa pada proses adsorpsi pewarna *methylene blue* dengan biji asam jawa. Dari variasi massa biji asam jawa pada penelitian ini dicapai massa biji asam jawa optimum yang dicapai adalah 0,3 g dengan daya adsorpsi rata-rata sebesar 24,670 mg/g.

Ternyata makin sedikit massa adsorben maka makin besar daya adsorpsinya. Kemampuan mengadsorpsi pewarna terbatas, karena permukaan adsorben akan saling tumpah tindih saling menutupi, sehingga adsorbat (gugus pewarna) menjadi terbatas gerakannya dalam memperebutkan permukaan.

Daya adsorpsi biji asam jawa terhadap pewarna *methylene blue* pada variasi massa biji asam jawa mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya massa biji asam jawa. Pada massa biji asam jawa yang besar proses adsorpsinya akan berlangsung dengan cepat dan telah mencapai titik kejenuhan, sehingga pada suatu saat, kecepatan adsorpsinya lebih besar dari kecepatan desorpsinya, sehingga adsorbat mudah lepas dari permukaan adsorben. Akibatnya pada massa biji asam jawa yang semakin bertambah maka adsorbat semakin mudah terdesorpsi. Dengan demikian daya adsorpsi dipengaruhi juga oleh massa biji asam jawa, sehingga pada penelitian ini massa biji asam jawa optimum adalah 0,3 g dengan daya adsorpsi rata-rata sebesar 24,670 mg/g.

Menurut Barros *et al.* (2003) peningkatan jumlah adsorben, maka ada peningkatan persentase nilai efisiensi adsorpsi dan penurunan kapasitas adsorpsi. Hal ini dikarenakan peningkatan jumlah adsorben akan meningkatkan jumlah sisi aktif sehingga efisiensi adsorpsi akan meningkat, namun sisi aktif tersebut akan saling berkompetisi dalam penjerapan adsorbat sehingga akan menyebabkan kapasitas adsorpsi mejadi menurun jika dibandingkan dengan jumlah adsorben yang sedikit [4]. Oscik dan Cooper (1992) menjelaskan bahwa banyaknya sisi aktif berbanding dengan luas permukaan adsorben dan masing-masing sisi aktif hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat. Pada keadaan dimana tempat adsorpsi telah jenuh oleh adsorbat maka kenaikan konsentrasi adsorben cenderung tidak menaikkan jumlah zat yang teradsorpsi [15].

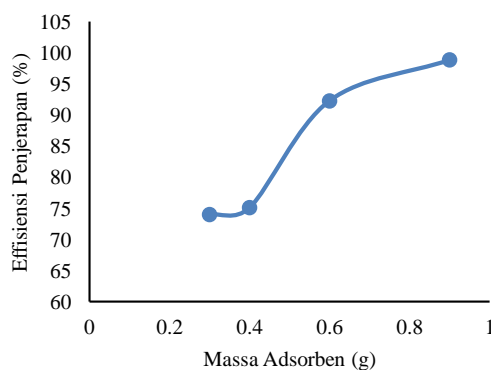
Dari hasil penelitian diperoleh kapasitas adsorpsi semakin menurun seiring bertambah massa adsorben. Berdasarkan hasil penelitian yang didapat, hasil penelitian ini menunjukkan semakin besar massa adsorben maka kapasitas adsorpsi akan semakin menurun, dan pada saat waktu kontak bertambah dan perubahan konsentrasi terserap (kapasitas) akan berlangsung semakin lambat hingga mencapai kesetimbangan pada waktu tertentu.

Pengaruh Waktu Kontak dan Massa Adsorben Terhadap Efisiensi Penjerapan *Methylene Blue*

Penentuan waktu kontak dan massa karbon aktif terbaik dilihat dari efisiensi penjerapan

methylene blue. Pada gambar 7 memperlihatkan hubungan antara pengaruh massa adsorben terhadap efisiensi penjerapan pada waktu 150 menit. Dapat dilihat kapasitas adsorpsi *methylene blue* mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Efisiensi penjerapan *methylene blue* dari waktu ke waktu meningkat dan menjadi lebih lambat hingga konstan pada waktu setimbang. Hal ini dikarenakan pada waktu setimbang biosorben sudah jenuh sehingga tidak mampu lagi mengadsorpsi *methylene blue*. Waktu kontak setimbang pada proses adsorpsi *methylene blue* dengan biosorben yaitu 0,3 g, 0,4 g, 0,6 g dan 0,9 g adalah 150 menit dengan efisiensi penjerapan berturut-turut 74,009%, 75,084%, 92,278%, 98,827%. Pada awal reaksi, peristiwa adsorpsi lebih dominan dibanding desorpsi, sehingga adsorpsi berlangsung cepat. Pada waktu tertentu peristiwa adsorpsi cenderung berlangsung lambat, namun sebaliknya laju desorpsi cenderung meningkat. Saat laju adsorpsi sama dengan laju desorpsi disebut sebagai keadaan setimbang. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai keadaan setimbang pada proses adsorpsi berbeda-beda, hal ini dipengaruhi oleh jenis interaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat. Secara umum, waktu tercapainya keadaan setimbang adsorpsi secara fisika lebih cepat dibandingkan adsorpsi dengan mekanisme kimia [12].

Pengaruh waktu kontak dan massa adsorben terhadap efisiensi penjerapan *methylene blue* yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh Waktu Kontak dan Massa Adsorben Terhadap Efisiensi Penjerapan Methylene Blue

Dapat dilihat bahwa massa adsorben yang digunakan berpengaruh terhadap efisiensi penjerapan *methylene blue*. Jumlah penjerapan adsorbat meningkat seiring dengan bertambahnya massa adsorben, hal ini dikarenakan semakin banyak massa adsorben maka pori-pori aktif untuk menyerap adsorbat semakin bertambah juga [25]. Jumlah adsorben yang banyak juga sebanding dengan jumlah partikel dan luas permukaan adsorben, sehingga menyebabkan jumlah *site* untuk mengikat ion logam juga bertambah dan efisiensi penyisihan pun meningkat [21]. Oleh karena itu, jumlah pewarna yang teradsorpsi juga semakin meningkat seiring dengan banyaknya jumlah adsorben [1].

Pada penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi penjerapan tertinggi diperoleh pada massa adsorben tertinggi yaitu 0,9 g dengan waktu setimbang 120 menit dengan efisiensi penjerapan sebesar 98,827%.

Kesimpulan

Proses aktivasi dengan H_3PO_4 mengubah morfologi dan unsur pada biji asam jawa, dimana permukaannya menjaji kasar dan logam-logam pengotor hilang setelah dilakukan aktivasi. Kapasitas adsorpsi maksimum adalah pada saat waktu kontak 150 menit dan massa adsorben 0,3 g yaitu 24,670 mg/g. Efisiensi penjerapan terbaik didapat pada waktu kontak 150 menit dan massa adsorben 0,9 g yaitu sebesar 98,827%.

Daftar Pustaka

- [1] A. Aseel, Abbas. Alshirifi., Ayad F. Alkaim, Kinetic and Equilibrium Study Fo the Adsorption of Textile Dyes on Coconut Shell Activated Carbon. *Arabian Journal of Chemistry*, 10(2), (2014) 1-13.
- [2] A. Ahmad Bin Md Noor, M. Asri Bin Mohd Nawi, Textural Characteristics of Activated Carbons Prepared from Oil Palm Shells Activated with $ZnCl_2$ and Pyrolysis Under Nitrogen and Carbon Dioxide, *Journal of Physical Science*, 19(2), (2008) 93 – 100.
- [3] A. M. Aidil, Pengaruh Massa Adsorben dan Waktu Kontak terhadap penurunan Bilangan Peroksida pada Minyak Goreng Bekas Oleh Arang Aktif tempurung Kemiri (Aleurites Moluccana), *Skripsi*, Departemen Kimia, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Medan : Universitas Sumatera Utara. 2014.
- [4] B. LM, Maedo G, Duarte MML, Silva EP, Lobato, Biosorption cadmium using the fungus *Aspergillus niger*, *Braz J, Chem*, (20), (2003) 1-17.
- [5] Bo, Adsorption of Rhodamine-B from aqueous solution using treated ricehusk-based activated carbon. *Colloids and Surfaces A: Physicochem, Eng, Aspects*, 44(6), (2014) 1-7.
- [6] Gunasena & Hughes, Tamarind : Tamarindus indica, (*International Centre for Underutilised Crops : Southampton*, 2000).
- [7] G. J. Panjaitan, S. Suhardi, W. Niloperbowo, T. Setiadi, *Penghilangan Warna Limbah Tekstil Dengan Marasmius Sp. Dalam Bioreaktor Unggun tetap Termodifikasi (Modified Packed Bed)*, Fakultas Teknik, ITB. Bandung, 2007.
- [8] Hidayat, *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Majari Magazine, Jakarta, 2008.
- [9] I. Rosita, B. Pahlanop Lapanporo, Y. Satria Putra, Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa, *PRISMA FISIKA*, 1(1), (2013) 50 – 55.
- [10] J. Siti, M. Setyawan, *Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya*

- untuk Penjernihan Asap Cair, *Spektrum Industri*, 12(1), (2014) 78 - 79.
- [11] L. Kurniasari, *Pemanfaatan Mikroorganisme dan Limbah Pertanian sebagai Bahan Baku Biosorben Logam Berat*, Momentum, 6,(1), (2010) 5-8.
- [12] M. A. Devita, Sintesis Hibrida Alga Porphyridium Sp. Dengan Teknik Pelapisan Silika Magnetit (Fe_3O_4) Sebagai Adsorben Zat Warna Kristal Violet, *Skripsi*, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2018.
- [13] Napitupulu, Impregnasi Karbon Aktif Dengan Na₂S Sebagai Adsorben Terhadap Larutan Cu^{2+} Dan Cd^{2+} , *Tesis*, Sekolah Pascasarjana. Universitas Sumatera Utara. Medan. 2009.
- [14] Hendrawati, D. Syamsumarsi & Nurhasni. Penggunaan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica* L.) Dan Biji Kecipir (*Psophocarpus Tetragonolobus* L.) Sebagai Koagulan Alami Dalam Perbaikan Kualitas Air Tanah. *Prosiding Semirata FMIPA*: Universitas Lampung, 2013.
- [15] O. J. Cooper IL, *Adsorption*, Chichester: Ellis Horwood Publisher Limited, 1992.
- [16] P. Endang, Degradasi Methylene Blue dengan Metode Fotokatalisis dan Foto elektrokatalisis Menggunakan Film TiO_2 . *Skripsi*. Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, 2006.
- [17] P. Edgar, *Pemanfaatan arang aktif dari biji asam jawa (tamarindus indica L.) sebagai adsorben logam berat kromium (III)*, ADLN Perpustakaan Universitas Airlangga, 2009.
- [18] P. U. Indah, I. Sari, M. Turmuzi, Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Salak (*Salacca Zalacca*) dengan Proses Pengaktifan Karbon Dioksida (CO_2) Menggunakan Pemanas Microwave, *Skripsi*, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2018.
- [19] P. Yohana, V. Dewi, M. S. Ibnu, S. Wonorahardjo, *Karakterisasi dan Uji Kemampuan Serbuk Ampas Kelapa Asetat sebagai Adsorben Belerang Dioksida (SO_2)*, Jurnal Jurusan Kimia. FMIPA, Universitas Negeri Malang, Malang, 2013.
- [20] R. Supaporn, J. Srikrum, and P. Kongsune, Adsorption of Methylene Orange on Coffee grounds Activated Carbon. *Energy Procedia*, 138(1) (2017), 949–954.
- [21] R. A. Silvy, S. Daud, dan S. R. Yenti, Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Daun Nanas Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut. *Jom FTEKNIK*, 4(2), (2017) 1-9.
- [22] S. E. Wahyu, D. Sulihingtyas, Dan P. A. Surya Mahardika, Pembuatan Dan Karakterisasi Arang Aktif Dari Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes Erecta*) Yang Diaktivasi Dengan H_3PO_4 , *Jurnal Kimia*, 11(1), (2017) 1-9.
- [23] J. Serli, N. K. Sumarni, Musafira, Kajian Aktivasi Arang Aktif Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica* Linn.) Menggunakan Aktivator H_3PO_4 Pada Penyerapan Logam Timbal, KOVALEN, 1(1), (2015) 13-19.
- [24] S. Shanti and T. Mahalakshmi. Studies on the Removal of Malachite Green and Methylene Blue Dyes from Aqueous Solutions of Their Binary Mixture by Adsorption Over Commercial Activated Carbon and Tamarind Kernel Powder, *International Journal of Research in Pharmacy and Chemistry*, ISSN: 2231-2781, 2(2), (2012) 289-298.
- [25] S. A. Mangiring, A. S. Doharma Pardede dan S. Pandia, Pemanfaatan Adsorben Dari Biji Asam Jawa Untuk Menurunkan Bilangan Peroksida Pada CPO (*Crude Palm Oil*), *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(4), (2014) 12 – 16.
- [26] Solgy, M. M. Taghizadeh dan D. Ghodocynejad, Adsorption of Uranium (VI) from Sulphate Solutions Using Amberlite IRA-402 Resin: Equilibrium, Kinetics and Thermodynamics Study, *Annals of Nuclear Energy*, 75(1), (2015) 132-138.
- [27] T. Takanori, M. Watanabe, K. Oshima, A. Yamamoto, S. Kawakishi. & T. Osawa. Antioxidative Component Isolated from The Seed of Tamarind (*Tamarindus indica* L.). *Agricultural Food Chemical*, 1994.
- [28] W. Endang., R. Tutik, M. P. Utomo, *Pola Adsorpsi Zeolit terhadap Pewarna Azo Metil Merah dan Metil Jingga*, Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Yogyakarta, 2011.
- [29] Widyanagari, Penggunaan Adsorben dalam Proses Pemurnian Biodiesel Jarak Pagar (*Jatropha curcas* Linn), *Skripsi*, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor, (2008) 8-1.