

---

## Pemanfaatan Kulit Kacang Tanah (*Arachis hipogaea* L.) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru

### Utilization of Peanut Skin (*Arachis hipogaea* L.) as Adsorbent of Blue Methylene Color Substances

Nurhasni, Reski Mar'af, Hendrawati

Program Studi Kimia FST UIN Syarif Hidayatullah Jakarta  
Jl. Ir. H. Juanda No. 95 Ciputat Indonesia 15412

Email : [nurhasni@uinjkt.ac.id](mailto:nurhasni@uinjkt.ac.id)

Received: August 2018; Revised: October 2018; Accepted: November 2018; Available Online: November 2018

---

#### Abstrak

Limbah zat warna merupakan masalah utama dalam pengendalian dampak lingkungan. Limbah zat warna merupakan senyawa organik yang sukar terurai, bersifat resisten, dan toksik. Apabila limbah tersebut dibuang ke perairan maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Penelitian mengenai penyerapan zat warna metilen biru oleh kulit kacang tanah yang telah diaktivasi telah dilakukan. Tujuan penelitian ini ialah menentukan efisiensi adsorpsi, kapasitas adsorpsi, kondisi optimum adsorpsi zat warna meliputi variasi waktu kontak, konsentrasi adsorben, pH, dan konsentrasi zat warna. Uji adsorpsi dilakukan dengan metode batch menggunakan alat *shaker*. Adsorben kemudian dianalisis menggunakan instrumen FT-IR dan SEM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, adsorben setelah diaktivasi memiliki karakter lebih baik dari pada sebelum diaktivasi. Kulit kacang tanah yang telah diaktivasi dengan NaOH lebih optimum terhadap metilen biru, Kondisi optimum adsorpsi zat warna metilen biru dengan waktu kontak 60 menit dengan adsorben aktivasi basa, konsentrasi adsorben optimum 1%, konsentrasi zat warna 50 ppm, ukuran adsorben <180  $\mu\text{m}$ , pH 9. Pola isotherm adsorpsi mengikuti isotherm Freundlich.

**Kata kunci:** Adsorben, isotherm adsorpsi, kulit kacang tanah, metilen biru,

#### Abstract

Dye waste is a major problem in controlling environmental impacts. Dyestuff waste is an organic compound that is difficult to decompose, resistant, and toxic. If the waste is discharged into the water, it will cause environmental pollution. Research on the absorption of dyestuff of methylene blue by activated peanut shells has been carried out. The purpose of this study was to determine the adsorption efficiency, adsorption capacity, optimum conditions of dye adsorption including variation of contact time, adsorbent concentration, pH, and dye concentration. Adsorption test is carried out by batch method using a shaker. The adsorbent was then analyzed using FT-IR and SEM instruments. The results showed that, after activating the adsorbent had a better character than before activated. Peanut skin that has been activated with optimum NaOH against methylene blue, optimum conditions for adsorption of methylene blue dyestuff with 60 minutes contact time with alkaline activation adsorbent, optimum adsorbent concentration 1%, 50 ppm dye concentration, adsorbent size <180  $\mu\text{m}$ , pH 9 The adsorption isotherm pattern follows the Freundlich isotherm.

**Keywords:** Adsorbent, adsorption isotherm, peanut shell, methylene blue.

**DOI:** <http://10.15408/jkv.v4i2.8895>

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri saat ini telah mengalami kemajuan yang sangat pesat. Akibat proses industrialisasi tersebut dihasilkan buangan limbah industri berupa limbah cair, padat maupun gas yang dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan. Limbah zat warna merupakan masalah utama dalam pengendalian dampak lingkungan. Zat warna merupakan salah satu jenis polutan yang mengandung bahan beracun sehingga limbah yang dihasilkannya berbahaya bagi kesehatan manusia, baik yang terlibat langsung dengan kegiatan industri maupun yang berada di lingkungan sekitar perusahaan. Limbah zat warna merupakan senyawa organik yang sukar terurai, bersifat resisten, dan toksik. Apabila limbah tersebut dibuang ke perairan maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan.

Zat warna mempunyai toksisitas yang tinggi terhadap mamalia dan organisme air. Metilen biru merupakan zat warna yang paling sering digunakan karena menghasilkan warna terang, cepatnya proses pewarnaan dan mudah diaplikasikan. Zat warna metilen biru bersifat toksik terhadap beberapa biota, sulit terdegradasi dalam kondisi alami perairan (Mahindru, 2000).

Metode yang telah dilakukan untuk menangani permasalahan limbah industri khususnya penghilangan zat warna, antara lain dengan metode koagulasi, adsorpsi, penukar ion, dan ozonasi. Kelemahan metode-metode tersebut membutuhkan biaya yang relatif tinggi dalam pengoperasiannya (Velmurugan *et al.*, 2011). Pananggulangan limbah zat warna dengan metode adsorpsi menggunakan adsorben merupakan salah satu metode yang efisien saat ini dan telah banyak dikembangkan. Metode adsorpsi merupakan metode penyerapan suatu zat yang dapat digunakan untuk memurnikan udara (gas), memurnikan pelarut, menghilangkan bau dalam pemurnian minyak nabati dan gula, menghilangkan warna produk-produk alam dan larutan, serta sebagai penyerap zat warna dalam pengolahan limbah.

Adsorben dapat menyerap berbagai polutan baik senyawa organik (zat warna) maupun anorganik (logam berat), dengan mekanisme adsorpsi, filtrasi, penukar ion, dan endapan. Zat penyerap bisa berbahan dasar limbah hasil pertanian, diantaranya sekam padi (Nurhasni *et al.*, 2014) Adsorben dapat dibuat

dengan mengaktifkan bahan atau material yang mengandung karbon pada kondisi tertentu. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa biomaterial mengandung gugus fungsi antara lain karboksil, amino, sulfat, polisakarida, lignin dan sulfhidril mempunyai kemampuan penyerapan yang baik (Volesky dan Naja, 2005). Bahan-bahan tersebut dapat berupa kayu, tempurung kelapa, tongkol jagung, sekam padi, biji buah-buahan, kulit kacang, dan lain sebagainya (Sembiring dan Sinaga, 2003).

Kulit kacang tanah memiliki potensi menjadi adsorben karena mengandung selulosa yang cukup tinggi sehingga dapat dijadikan adsorben untuk menyerap zat warna. Berdasarkan penelitian Susanti (2009) arang kulit kacang tanah sebagai adsorben zat warna *congo red* diperoleh rasio adsorben dan waktu optimum terbaik adalah 1.0 gram dan 45 menit dengan aktivasi asam (asam sulfat pekat). Serta Ofelman *et al.* (2015), juga telah melakukan penelitian terhadap kulit kacang tanah yang telah di ubah menjadi arang aktif yang di aktivasi dengan HCl 0.5 M sebagai adsorben besi dalam air sumur. Penelitian lain oleh Noer *et al.* (2015) dengan menggunakan kulit durian sebagai adsorben *biodegradable* limbah domestik cair yang diaktivasi dengan basa (NaOH).

Penelitian ini bertujuan menentukan kondisi adsorpsi optimum terhadap zat warna metilen biru oleh adsorben yang berasal dari kulit kacang tanah yang telah diaktivasi (asam dan basa) dengan menentukan waktu adsorpsi, konsentrasi adsorben, ukuran adsorben, pengaruh pH, dan konsentrasi awal zat warna, karakterisasi adsorben dengan FTIR dan SEM, kapasitas adsorpsi dan menentukan tipe isotherm adsorpsi.

## 2. METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah, peralatan gelas, neraca analitik, Spektrofotometer UV-Vis (Perkin Elmer Lambda 25), Oven (Mettler), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) (Carl Zeiss-EVO), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR) (IRPrestige-21-Shimadzu), *shaker*, dan ayakan ukuran 630, 250, dan 180  $\mu\text{m}$ .

Bahan-bahan yang digunakan adalah metilen biru, kulit kacang tanah, asam sulfat

(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (Merck), natrium hidroksida (NaOH) (Merck), etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) (Merck), Asam sitrat (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>) (Merck), Na sitrat (Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>•2H<sub>2</sub>O) (Merck), Na fosfat monobasis (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>•H<sub>2</sub>O) (Merck), Na fosfat dibasis (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) (Merck), Borax (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>) (Merck), dan akuades.

### Preparasi Kulit Kacang Tanah (Raghuvanshi et al., 2004)

Adsorben yang digunakan adalah kulit kacang tanah segar. Kulit kacang tanah segar diperoleh dari kebun pertanian di Kab. Bogor. Kulit kacang tanah yang digunakan adalah varietas gajah berumur 100 hari. Tahapan awal dengan mencuci kulit kacang dengan air mengalir hingga bersih, kemudian direndam dengan akuades selama 48 jam. Setelah itu, direndam kembali dengan NaOH 0.1 N selama 12 jam dan dibilas dengan akuades, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam dan digiling hingga berukuran <180, 250 dan 630 µm. Serbuk kulit kacang ini selanjutnya disebut adsorben Adsorben Tanpa Aktivasi (ATA).

### Aktivasi Kulit Kacang Tanah (Raghuvanshi et al., 2004)

Kulit kacang tanah yang telah halus dimasukkan kedalam gelas piala sebanyak 100 g ditambahkan asam sulfat 0.5 M hingga kulit kacang terendam, lalu dipanaskan pada suhu 160 °C selama 36 jam. Setelah itu, dibilas dengan akuades untuk menghilangkan kelebihan asam. Kemudian bahan dikeringkan pada suhu 110 °C selama 24 jam. Serbuk kulit kacang tanah ini selanjutnya disebut adsorben Adsorben Aktivasi Asam (AAA).

Pada kulit kacang yang diaktivasi basa dilakukan dengan kulit kacang tanah yang telah halus dimasukkan kedalam gelas piala dan ditambahkan larutan NaOH 0,1 N hingga kulit kacang terendam lalu dipanaskan pada suhu 160 °C selama 36 jam. Setelah itu, dibilas dengan akuades untuk menghilangkan kelebihan basa. Kemudian bahan dikeringkan pada suhu 110 °C selama 24 jam. Serbuk kulit kacang tanah ini selanjutnya disebut adsorben Adsorben Aktivasi Basa (AAB).

### Penentuan Kondisi Optimum Waktu Adsorpsi Optimum

ATA, AAA, dan AAB ditimbang sebanyak 0.5 g dimasukkan ke dalam 50 mL larutan zat warna metilen biru dengan

konsentrasi awal 50 ppm. Kemudian larutan dikocok dengan shaker dengan kecepatan 400 rpm. Adsorpsi dilakukan dengan variasi waktu adsorpsi 30, 60, dan 90 menit (Raghuvanshi et al., 2004), setelah proses adsorpsi selesai diambil 10 mL, kemudian dipisahkan dari endapan dengan cara di *sentrifuge* dengan kecepatan 4000 rpm selama 10 menit. Kemudian diukur absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis sesuai dengan panjang gelombang maksimum larutan uji. Nilai absorbansi yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi linear larutan uji sehingga diperoleh konsentrasi. Nilai konsentrasi larutan uji dimasukkan ke dalam rumus efisiensi penyerapan (E) dan kapasitas adsorpsi (Q) (persamaan 1 dan 2).

$$\text{Efisiensi adsorpsi (\%)} = \frac{(C_o - C_t)}{C_o} \times 100 \% \quad (1)$$

Dimana : C<sub>o</sub> = konsentrasi awal larutan uji (ppm)  
C<sub>t</sub> = konsentrasi akhir larutan uji (ppm)

Kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q = \frac{(C_o - C_t)}{w} \times V \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

Q = Kapasitas adsorpsi per bobot molekul (mg/g)  
C<sub>o</sub> = Konsentrasi awal larutan (ppm)  
C<sub>t</sub> = Konsentrasi akhir larutan (ppm)  
w = Massa adsorben (g)  
V = Volume larutan (L)

### Ukuran Adsorben Optimum (Nurhasni et al., 2014)

ATA, AAA, dan AAB ditimbang sebanyak 0.5 g dengan variasi ukuran <180, 250, dan 630 µm, kemudian dimasukkan ke dalam 50 mL larutan zat warna metilen biru dengan konsentrasi awal 50 ppm, kemudian larutan dikocok dengan *shaker* kecepatan 400 rpm. Adsorpsi dilakukan dengan waktu optimum adsorpsi. Setiap perlakuan variasi diambil 10 mL, kemudian dipisahkan dari endapan dengan cara di *sentrifuge* dengan kecepatan 4000 rpm selama 10 menit. Kemudian diukur absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis sesuai dengan panjang gelombang maksimum larutan uji. Nilai absorbansi yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi linear larutan uji sehingga diperoleh konsentrasi.

Nilai konsentrasi larutan uji dimasukkan ke dalam rumus efisiensi penyerapan (E) dan kapasitas adsorpsi (Q) (persamaan 1 dan 2).

#### **Konsentrasi Adsorben Optimum (Nurhasni *et al.*, 2014)**

ATA, AAA, dan AAB dengan variasi konsentrasi adsorben 1%, 2% dan 3% dalam 50 mL larutan zat warna metilen biru dengan konsentrasi awal 50 ppm, kemudian larutan dikocok dengan *shaker* kecepatan 400 rpm. Adsorpsi dilakukan dengan waktu optimum adsorpsi pada zat warna. Setiap perlakuan variasi diambil 10 mL, kemudian dipisahkan dari endapan dengan cara di *sentrifuge* dengan kecepatan 4000 rpm selama 10 menit. Kemudian diukur absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis sesuai dengan panjang gelombang maksimum larutan uji. Nilai absorbansi yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi linear larutan uji sehingga diperoleh konsentrasi. Nilai konsentrasi larutan uji dimasukkan ke dalam rumus efisiensi penyerapan (E) dan kapasitas adsorpsi (Q) (persamaan 1 dan 2).

#### **pH Optimum (Nurhasni *et al.*, 2014)**

ATA, AAA, dan AAB ditimbang masing-masing sebanyak konsentrasi adsorben optimum yang telah diperoleh. Dimasukkan kedalam 50 mL larutan zat warna metilen biru dengan konsentrasi awal 50 ppm, kemudian diatur kondisinya dengan variasi pH 3, 5, 7, dan 9 menggunakan buffer (Basset, 1994). Kemudian larutan dikocok dengan *shaker* kecepatan 400 rpm selama waktu kontak optimum. Adsorpsi dilakukan dengan waktu optimum adsorpsi pada zat warna. Setiap perlakuan variasi diambil 10 mL, kemudian dipisahkan dari endapan dengan cara di *sentrifuge* dengan kecepatan 4000 rpm selama 10 menit. Kemudian diukur absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis sesuai dengan panjang gelombang maksimum larutan uji. Nilai absorbansi yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi linear larutan uji sehingga diperoleh konsentrasi. Nilai konsentrasi larutan uji dimasukkan ke dalam rumus efisiensi penyerapan (E) dan kapasitas adsorpsi (Q) (persamaan 1 dan 2).

#### **Konsentrasi Larutan Uji**

ATA, AAA, dan AAB dimasukkan pada gelas piala sebanyak konsentrasi adsorben optimum ke dalam 50 mL larutan zat

warna metilen biru dengan variasi konsentrasi 50, 100, dan 150 ppm, kemudian larutan dikocok dengan *shaker* kecepatan 400 rpm. Proses adsorpsi dilakukan dengan waktu optimum adsorpsi. Setiap perlakuan variasi diambil 10 mL, kemudian dipisahkan dari endapan dengan cara di *sentrifuge* dengan kecepatan 4000 rpm selama 10 menit. Kemudian diukur absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis sesuai dengan panjang gelombang maksimum larutan uji. Nilai absorbansi yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi linear larutan uji sehingga diperoleh konsentrasi. Nilai konsentrasi larutan uji dimasukkan ke dalam rumus efisiensi penyerapan (E) dan kapasitas adsorpsi (Q) (persamaan 1 dan 2).

#### **Analisis Gugus Fungsi dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) (ASTM E1252-98)**

Analisis gugus fungsi adsorben menggunakan FT-IR. Sebanyak 10 mg KBr digerus kemudian ditambahkan sampel adsorben dengan komposisi 10:1 sampel. Kemudian campuran digerus hingga homogen. Kemudian diletakkan pada sampel holder. Diketahui grafik puncak-puncak gugus fungsi yang muncul pada layar. Hasil pengukuran dianalisis dan dicetak.

#### **Analisis Morfologi Permukaan dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) (ASTM E1508)**

Analisis permukaan dan tekstur sampel menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Sampel diletakkan sangat tipis merata pada plat aluminium yang memiliki dua sisi. Kemudian dilapisi dengan lapisan emas dengan waktu coating  $\pm 30$  detik. Sampel yang telah dilapisi, kemudian diamati menggunakan SEM dengan tegangan 20 kV dan perbesaran 10.000x dan 20.000x. Dari gambar berupa foto SEM yang diperoleh, morfologi dan distribusi ukuran.

#### **Penentuan Isoterm Adsorpsi**

Setelah diperoleh konsentrasi adsorben optimum, ATA, AAA, dan AAB dilarutkan dalam 100 mL larutan zat warna metilen biru dengan variasi konsentrasi 50; 75; 100; dan 150 ppm pada kondisi waktu optimum untuk masing-masing adsorben, kemudian disaring dan diukur adsorbansinya pada panjang gelombang maksimum. selanjutnya diukur

kapasitas adsorpsi (Q) dan konstanta afinitas dihitung dengan model isoterm Freundlich dan Langmuir (persamaan 3 dan 4).

$$\log \frac{x}{m} = \log K + \frac{1}{n} \log C \dots \dots \dots (3)$$

$$\frac{c}{x/m} = \frac{1}{\alpha \beta} + \frac{1}{\alpha} C \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

x/m = jumlah adsorbat teradsorpsi perunit massa adsorben (mg/g)

c = konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah diadsorpsi (ppm)

k,n = konstanta empiris

C = Konsentrasi larutan uji dalam larutan pada kesetimbangan (ppm)

α = Kapasitas serap monolayer Langmuir (mg/g)

β = Konstanta isoterm Langmuir (L/mg)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Aktivasi Kulit Kacang Tanah

Proses aktivasi pada penelitian ini dilakukan secara kimia, melalui proses perendaman kulit kacang tanah dalam asam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.5 M (AAA) dan basa NaOH 0.1 N (AAB) yang dilakukan selama 24 jam. Tujuan aktivasi ini adalah untuk memperluas volume rongga atau sistem pori adsorben dan melarutkan pengotor-pengotor yang berada dalam pori seperti mineral-mineral anorganik (Nurhasni *et al.*, 2012). Setelah diaktivasi adsorben di haluskan dengan variasi ukuran <180, 250 dan 630 μm. Tahapan ini agar proses adsorpsi menjadi lebih optimal. Secara teoritis semakin kecil ukuran partikel maka luas permukaan adsorben semakin luas sehingga senyawa organik akan lebih banyak terserap pada permukaan adsorben (Atkins, 1999).

Kulit kacang tanah yang diaktivasi menggunakan asam (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) menghasilkan tekstur yang lebih rapuh dan lebih gelap dibandingkan yang diaktivasi menggunakan basa (NaOH). Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh aktivasi asam maupun basa mempengaruhi tekstur dari adsorben yang dihasilkan. Berdasarkan penelitian Noer *et al.*, (2015) pengaruh aktivasi basa pada adsorben kulit durian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan saat aktivasi maka semakin pekat dan padat pula tekstur adsorban yang dihasilkan. Tekstur

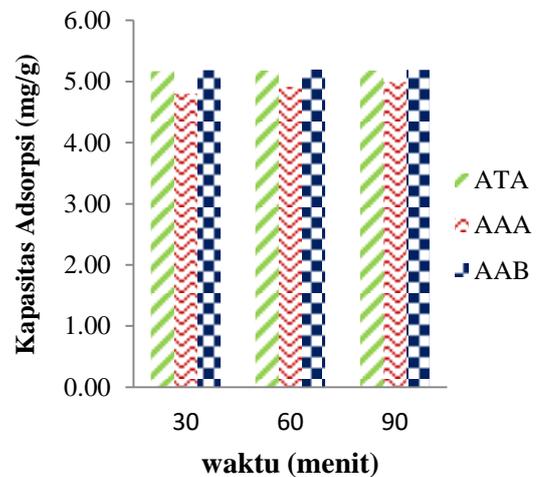
adsorben yang dihasilkan menjadi kasar dan sedikit padat.

Adsorben dari kulit kacang tanah digunakan untuk menyerap zat warna metilen biru. Penentuan kondisi optimum adsorpsi dilakukan dengan berdasarkan parameter waktu adsorpsi, ukuran adsorben, konsentrasi adsorben, pH adsorpsi dan konsentrasi zat warna. Setiap adsorben memiliki karakteristik yang berbeda dalam proses adsorpsi, sehingga kondisi yang dibutuhkan untuk adsorpsi juga berbeda.

#### Kondisi Adsorpsi

##### Waktu Kontak

Penentuan waktu kontak adsorpsi terhadap zat warna metilen biru menggunakan kulit kacang tanah dilakukan dengan variasi waktu 30, 60, dan 90 menit. Grafik hubungan antara variasi waktu terhadap kapasitas adsorpsi pada larutan uji metilen biru dengan konsentrasi 50 ppm dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Pengaruh waktu adsorpsi terhadap kapasitas adsorpsi zat warna metilen biru

Gambar 1 menunjukkan pada larutan uji metilen biru dengan konsentrasi 50 ppm, bahwa kapasitas adsorpsi optimum pada adsorben AAB yaitu sebesar 5.1965 mg/g, dengan efisiensi adsorpsi 99.32% pada waktu 60 menit. Untuk adsorben ATA kapasitas adsorpsi 5.1811 mg/g dengan efisiensi adsorpsi 99.03%, adsorben AAA kapasitas adsorpsi 4.9137 mg/g dengan efisiensi adsorpsi 93.92%. Mekanisme adsorpsi yang terjadi antara adsorben AAB dengan metilen biru yaitu zat

terlarut metilen biru bermuatan positif yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben AAB yang bermuatan negatif (gugus OH dari selulosa) sehingga adanya tarik menarik menyebabkan zat terlarut menempel dengan baik pada permukaan adsorben. Ikatan yang terjadi adalah ikatan elektrostatis (ionik) antara kulit kacang tanah yang bermuatan negatif dan zat warna yang bermuatan positif (Mahatmanti *et al.*, 2003).

### Ukuran Adsorben

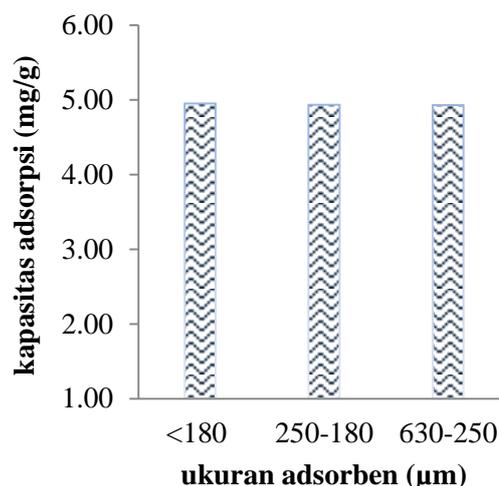
Adsorben yang digunakan berasal dari kulit kacang tanah aktivasi basa (AAB) memiliki variasi ukuran <180, 250, dan 630  $\mu\text{m}$ . Nilai kapasitas adsorpsi berturut-turut yaitu 5.1811; 5.1633 dan 5.1601 mg/g dengan efisiensi adsorpsi yaitu 99.03, 98.69, dan 98.63%. Gambar 2 dapat dilihat bahwa, ukuran partikel tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penyerapan zat warna metilen biru oleh adsorben kulit kacang tanah. Ukuran molekul yang sesuai merupakan hal penting agar proses adsorpsi dapat terjadi, karena molekul-molekul yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang diameternya lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben (Mortimer dan Robert, 2008).

Ukuran pori adsorben akan mempengaruhi proses penyerapan zat warna. Adsorben yang memiliki ukuran pori yang lebih besar cenderung mengadsorpsi banyak zat warna. Berdasarkan pengukuran kapasitas adsorpsi menunjukkan zat warna metilen biru mampu diadsorpsi secara baik oleh ketiga variasi ukuran adsorben. Hal ini bisa disebabkan oleh ukuran zat warna metilen biru lebih kecil dari pori adsorben yang diujikan. Sehingga hasil pengukuran adsorpsi tidak terlalu terlihat berpengaruh. Grafik hubungan antara ukuran adsorben terhadap kapasitas adsorpsi dari zat warna metilen biru dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 terlihat bahwa ukuran partikel adsorben yang paling kecil yaitu <180  $\mu\text{m}$  memiliki adsorpsi yang paling tinggi. Luas permukaan akan semakin besar jika ukuran adsorben semakin kecil, luas permukaan yang besar meningkatkan ketersediaan permukaan aktif pada adsorben, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai waktu kesetimbangan lebih lama. Ukuran partikel berbanding lurus dengan luas permukaan maka makin kecil ukuran partikel, yang berarti makin luas permukaannya (Mortimer dan

Robert, 2008). Hal ini menjadi salah satu faktor yang menyebabkan kapasitas adsorpsi terus mengalami peningkatan pada selang waktu yang diberikan. Ukuran partikel berbanding terbalik dengan luas permukaan, semakin kecil ukuran partikel maka luas permukaan semakin besar.

Pengaruh luas permukaan adsorben terhadap proses adsorpsi yaitu semakin besar luas permukaan maka semakin besar pula daya adsorpsinya, karena proses adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben (Mortimer dan Robert, 2008). Berdasarkan data kapasitas adsorpsi menunjukkan adsorben yang berukuran <180  $\mu\text{m}$  memiliki daya adsorpsi yang lebih besar dari 250-630  $\mu\text{m}$ .



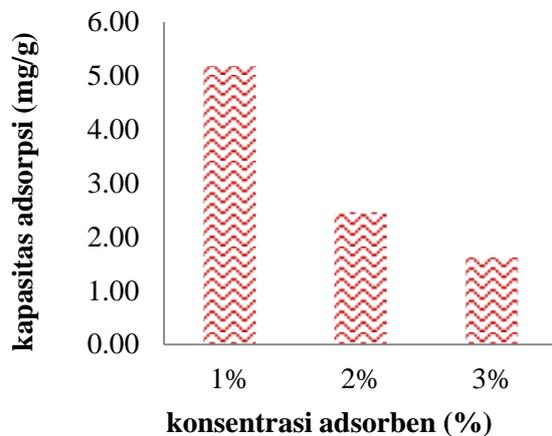
**Gambar 2.** Pengaruh ukuran terhadap kapasitas adsorpsi zat warna metilen biru

### Konsentrasi Adsorben

Konsentrasi adsorben optimum pada penelitian ini ditentukan menggunakan variasi konsentrasi adsorben 1%, 2%, dan 3% dengan konsentrasi zat warna 50 ppm, dengan volume 50 mL, dan waktu kontak optimum yang telah diperoleh. Grafik hubungan antara konsentrasi adsorben terhadap kapasitas adsorpsi dari ketiga zat warna dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan bahwa konsentrasi adsorben optimum untuk zat warna metilen biru memiliki konsentrasi adsorben optimum 1% yang dilakukan pada waktu kontak optimum 60 menit menghasilkan efisiensi adsorpsi tertinggi yaitu sebesar 99.0284 % kapasitas adsorpsi sebesar 5.1811 mg/g oleh adsorben AAB dibandingkan dengan konsentrasi adsorben 2% dan 3%. Menurut Barros *et al.* (2003) peningkatan

jumlah adsorben, maka ada peningkatan persentase nilai efisiensi adsorpsi dan penurunan kapasitas adsorpsi. Hal ini dikarenakan peningkatan jumlah adsorban 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. 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.

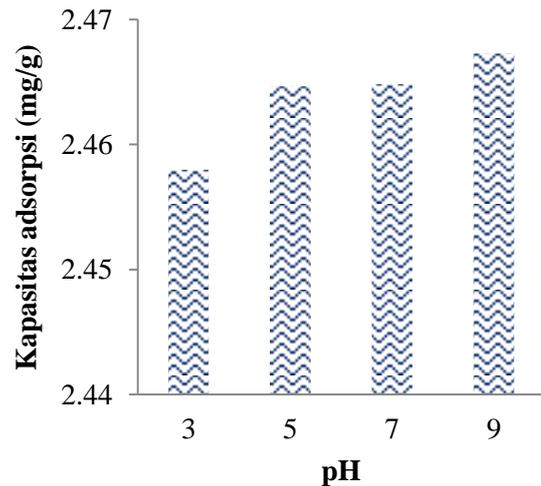


**Gambar 3.** Pengaruh konsentrasi adsorben terhadap kapasitas adsorpsi zat warna metilen biru oleh AAB waktu kontak 60”

### pH Adsorpsi

pH larutan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi karena pH akan mempengaruhi muatan permukaan adsorben (Riapanitra *et al.*, 2006). Pada penelitian ini digunakan variasi pH 3, 5, 7, dan 9 pada larutan uji dengan konsentrasi metilen biru 50 ppm, volume 50 mL, konsentrasi adsorben 1% dan waktu kontak 60 menit. Kondisi pH sistem mengakibatkan perubahan distribusi muatan pada adsorben dan zat warna sebagai akibat terjadinya reaksi protonasi dan deprotonasi gugus-gugus fungsional. Pengaruh pH terhadap kapasitas

adsorpsi zat warna metilen biru dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi zat warna metilen biru oleh AAB waktu kontak 60”

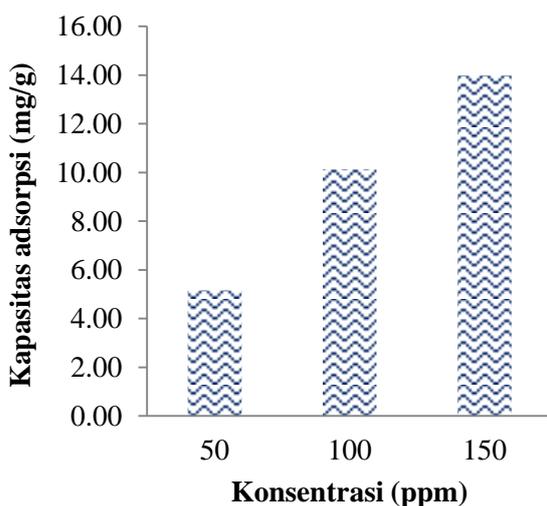
Gambar 4 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi zat warna metilen biru meningkat seiring dengan pH bertambah. pH optimum didapat pada kondisi basa yaitu pH 9 dengan efisiensi sebesar 98.7492% dan kapasitas adsorpsi sebesar 2.4673 mg/g. Pada suasana pH rendah juga dianggap jenuh dengan kelebihan ion  $H^+$ , hal ini menyebabkan pada kondisi asam dapat mengurangi jumlah muatan positif pada permukaan adsorben, yang memfasilitasi pembentukan radikal hidroksil dari adsorben (Sapawe *et al.*, 2013). Sedangkan pada pH yang lebih tinggi, terdapat kelebihan anion (OH) yang memfasilitasi OH radikal. Perubahan pH menggeser potensial redoks dari pita valensi dan konduksi yang dapat mempengaruhi transfer muatan antar muka (Chakrabarti dan Dutta, 2004).

Kemampuan adsorben untuk mengadsorpsi metilen biru lebih besar pada pH tinggi karena adanya penambahan muatan negatif pada permukaan adsorben sehingga meningkatkan interaksi elektrostatis antara adsorben dengan metilen biru (Dini *et al.*, 2014). Metilen biru merupakan zat warna kationik (bermuatan positif) sehingga pada pH basa maka akan meningkatkan proses adsorpsi. Kemampuan adsorben untuk mengadsorpsi metilen biru lebih besar pada pH tinggi karena adanya penambahan muatan negatif pada permukaan adsorben sehingga meningkatkan

interaksi elektrostatis antara adsorben dengan metilen biru (Zhang *et al.*, 2011).

### Konsentrasi Zat Warna

Pada penentuan adsorpsi terhadap variasi konsentrasi zat warna digunakan konsentrasi zat warna 50; 100 dan 150 ppm dengan volume 50 mL, dengan konsentrasi adsorben optimum masing-masing untuk setiap zat warna metilen biru 1%, waktu kontak optimum untuk metilen biru 60 menit. Grafik hubungan antara konsentrasi dengan kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Pengaruh variasi konsentrasi larutan terhadap kapasitas adsorpsi zat warna metilen biru oleh AAB waktu kontak 60''

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa kapasitas adsorpsi terus meningkat, menunjukkan bahwa proses adsorpsi mungkin saja terjadi bila konsentrasinya ditingkatkan. Konsentrasi tertinggi yang diperoleh dari AAB adalah 150 ppm menghasilkan kapasitas adsorpsi masing-masing sebesar 14.0017 mg/g, persen efisiensi adsorpsi 98.83%. Kenaikan kapasitas adsorpsi mengindikasikan jumlah molekul zat warna yang terjerap pada sisi aktif semakin besar. Konsentrasi yang tinggi akan meningkatkan jumlah molekul zat warna dalam larutan, sehingga semakin besar kemungkinannya akan terjerap. Semakin besar konsentrasi, semakin tinggi jumlah molekul dalam larutan, sehingga meningkatkan laju reaksi antara molekul adsorbat dan adsorben (Barros *et al.*, 2003). Pada penelitian ini, konsentrasi 150 ppm belum dapat dikatakan sebagai konsentrasi optimum, karena kapasitas

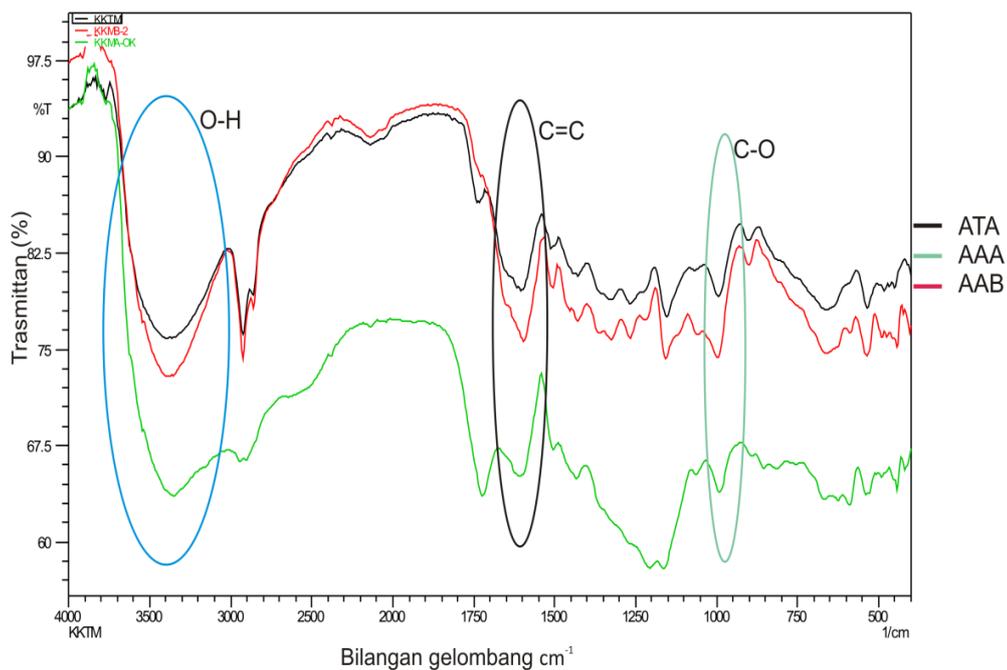
adsorpsi yang lebih besar masih mungkin diperoleh pada konsentrasi yang lebih tinggi.

### Hasil Analisa Gugus Fungsi dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

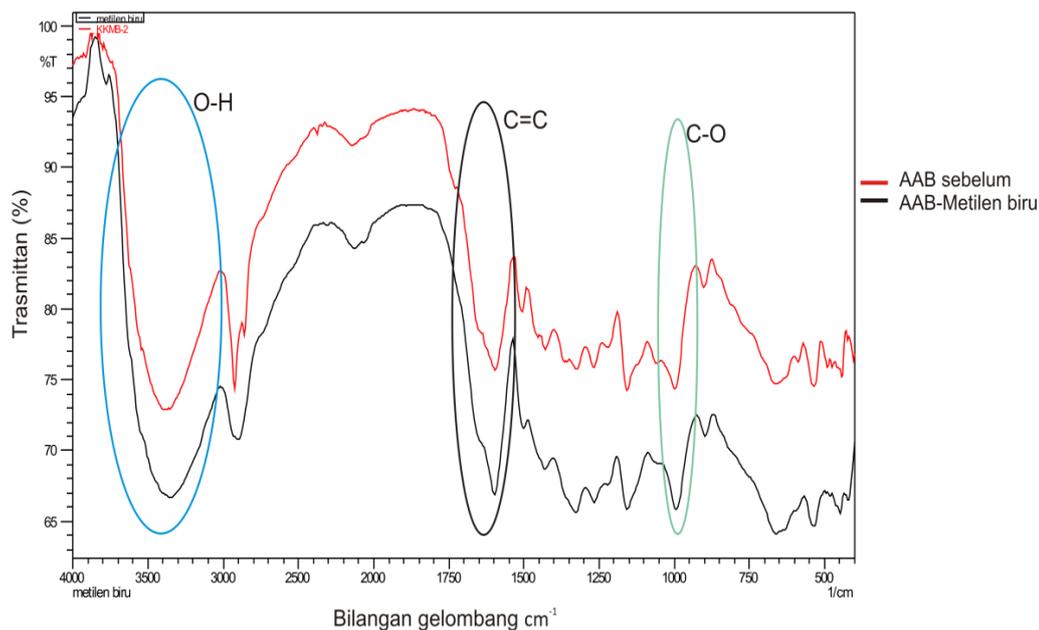
Karakterisasi adsorben yang dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui gugus fungsi kulit kacang tanah yang telah diaktivasi dengan asam ( $H_2SO_4$ ) dan dengan basa ( $NaOH$ ). Sifat adsorpsi adsorben tidak hanya diketahui oleh ukuran pori saja, tapi juga oleh komposisi kimia dari adsorben yang merupakan gugus aktif dari adsorben dengan menggunakan instrument *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) (Budiono, 2009). Hasil spektrum IR dari ketiga adsorben dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6 menunjukkan puncak spektrum serapan IR pada sampel ATA, AAA dan AAB. Adanya proses aktivasi dengan zat aktivator  $H_2SO_4$  dan  $NaOH$  terhadap kulit kacang tanah menyebabkan terjadi penurunan serapan, serapan IR bergeser dan terbentuknya serapan baru di daerah bilangan gelombang tertentu. Perubahan pola spektrum yang terjadi karena proses aktivasi (Lempang *et al.*, 2011). Adsorben AAA mengalami penurunan serapan jika dibandingkan dengan adsorben ATA dan AAB, Pergeseran bilangan gelombang dan %T pada gugus fungsional  $-OH$  setelah diaktivasi dengan asam ( $H_2SO_4$ ). Hal ini terjadi karena gugus fungsional  $-OH$  setelah diaktivasi dengan asam ( $H_2SO_4$ ) mengalami protonasi menjadi  $H_3O^+$ . Keadaan yang terprotonasi menunjukkan bahwa ikatan O-H telah dinaikkan karakter ikatan dan panjangnya bertambah sehingga terjadi penurunan vibrasi (Sastrohamidjojo, 1991). Penurunan vibrasi tersebut menyebabkan terjadinya pergeseran bilangan gelombang dan kenaikan %T kulit kacang tanah setelah diaktivasi dengan  $H_2SO_4$  0.5 M.

Gambar Spektrum IR pada adsorben AAB yang telah menyerap zat warna metilen biru dapat dilihat pada Gambar 7. Adsorben yang dihasilkan memiliki pola serapan dengan jenis ikatan OH, C=C, dan C-O. adanya ikatan -OH menunjukkan bahwa adsorben yang dihasilkan cenderung bersifat lebih polar. Dengan demikian adsorben yang dihasilkan dapat digunakan sebagai adsorben zat yang cenderung polar seperti untuk larutan dan gas (Wibowo *et al.*, 2011). Bilangan gelombang yang terbaca dari ketiga adsorben dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Perbandingan spektrum IR dari ketiga adsorben



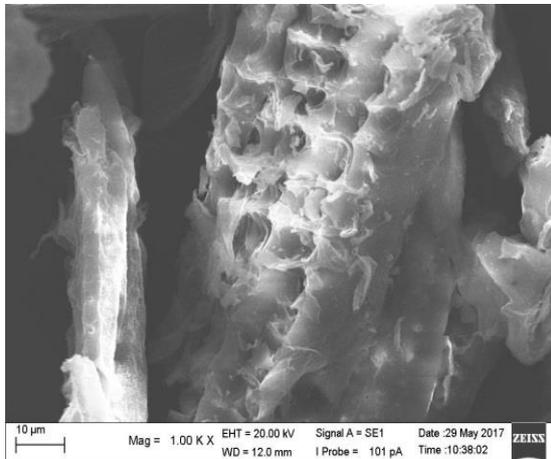
Gambar 2. Spektrum IR adsorben AAB terhadap zat warna metilen biru

Tabel 1. Bilangan gelombang dari adsorben ATA, AAA, dan AAB

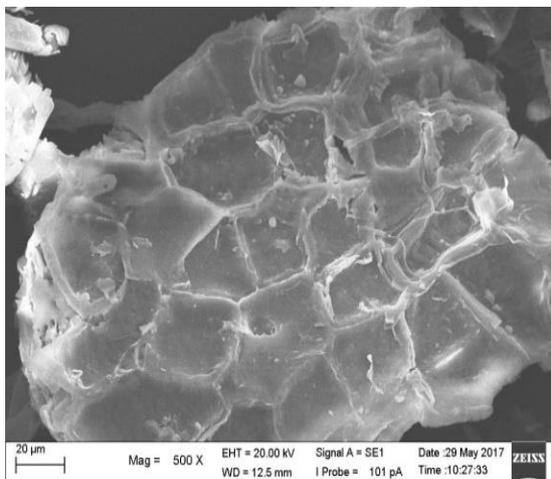
Sampel	Bilangan Gelombang $\text{cm}^{-1}$	Gugus fungsi
ATA	3425.40	O-H Stretching
	1628.33	C=C Stretching
	1080.13	C-O Stretching
AAB-Metilen Biru	3425.40	O-H Stretching
	1622.47	C=C Stretching
	1080.13; 939.41	C-O Stretching

### Morfologi Adsorben Sebelum dan Setelah Adsorpsi

Karakterisasi SEM pada padatan bertujuan untuk mengetahui morfologi permukaan. Morfologi permukaan adsorben AAB sebelum dan setelah mengadsorpsi metilen biru diidentifikasi menggunakan SEM dengan perbesaran objek 5000 kali.



(a)



(b)

**Gambar 8.** Morfologi permukaan adsorben AAB sebelum adsorpsi (a) dan setelah adsorpsi metilen biru (b)

Analisis morfologi bentuk permukaan dilakukan dengan *Scanning electron microscopy* (SEM) dapat dilihat pada Gambar 8(a) menampilkan permukaan adsorben AAB yang berbentuk seperti spons berongga yang berukuran seragam dengan diameter pori 2.680–8.156  $\mu\text{m}$  dengan rata-rata pori 5.629  $\mu\text{m}$ , dan pada Gambar 8 (b) tampak bahwa permukaan adsorben yang berbentuk spons tadi telah terisi oleh zat warna metilen biru

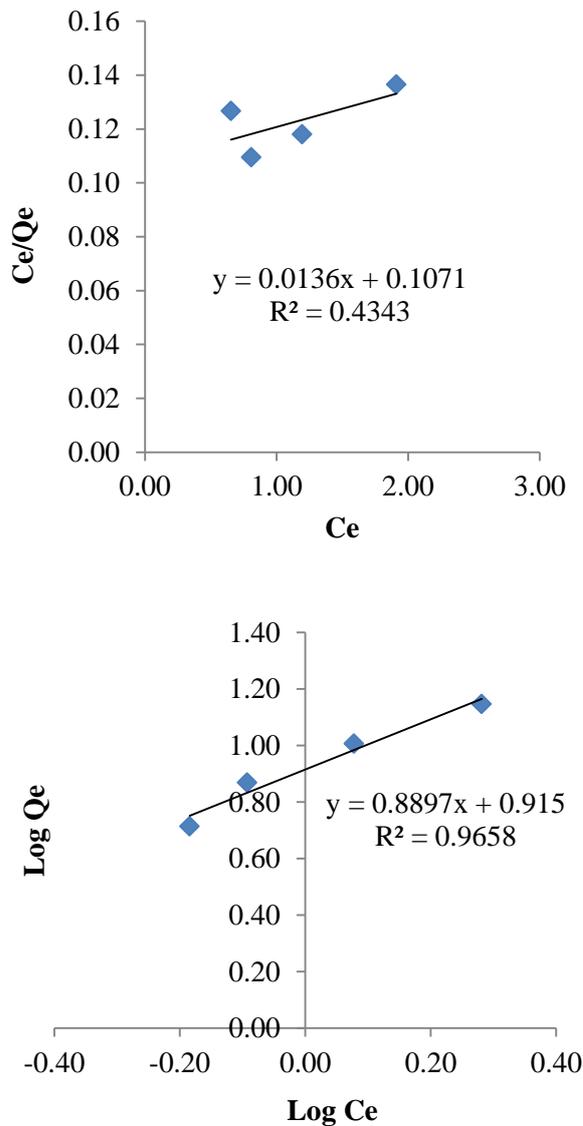
yang menunjukkan adanya proses adsorpsi yang terjadi antara AAB dan zat warna metilen biru, serta ukuran pori-pori adsorben menjadi lebih besar dengan kisaran diameter 19.21–48.25  $\mu\text{m}$ .

### Isoterm Adsorpsi

Penentuan tipe isoterm adsorpsi yang dianalisis yaitu isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Penentuan tipe isoterm pada penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi yaitu 50, 75, 100, dan 150 ppm. Volume adsorbat yang digunakan dalam pengukuran sebanyak 50 mL, menggunakan konsentrasi adsorben optimum serta waktu adsorpsi optimum yang telah diperoleh sebelumnya. Isoterm adsorpsi Langmuir menunjukkan bahwa proses adsorpsi yang terjadi adalah jenis adsorpsi kimia sedangkan isoterm adsorpsi Freundlich menunjukkan bahwa adsorpsi terjadi secara fisika (Atkins, 1999). Berdasarkan kedua persamaan tersebut kemudian dibandingkan harga  $R^2$  (koefisien determinasi) masing-masing. Persamaan dengan harga  $R^2$  yang lebih besar maka persamaan itulah yang berlaku pada sistem adsorpsi yang dilakukan.

Gambar 9 dapat dilihat regresi ( $R^2$ ) persamaan isoterm Langmuir yang diperoleh yaitu 0.4343 sedangkan isoterm Freundlich 0.9658. Hal ini menunjukkan adanya ikatan yang terjadi pada proses adsorpsi metilen biru oleh AAB didominasi oleh ikatan fisika karena hal tersebut ditentukan oleh nilai  $R^2$  isoterm Freundlich lebih besar, dengan kapasitas adsorpsi ( $Q_0$ ) yang dihasilkan sebesar 100 mg/g. Pendekatan Freundlich mengasumsikan bahwa permukaannya bersifat heterogen, membentuk banyak lapisan, terdapat sisi aktif adsorpsi yang memiliki afinitas tinggi, dan bagian lainnya memiliki afinitas yang rendah (Sembodo, 2006).

Nilai  $Q_e$  pada model isoterm Langmuir akan selalu konstan setelah mencapai konsentrasi kesetimbangan tertentu, pada model isoterm Freundlich kapasitas adsorpsi terus meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi kesetimbangan. Hal ini mengindikasikan bahwa model isotermal Freundlich tidak terbatas pada adsorpsi satu layer saja, sehingga walaupun adsorben telah mencapai titik jenuh, proses adsorpsi masih tetap dapat berlangsung hingga tahap tertentu (Atkins, 1999).



**Gambar 9.** Kurva isoterm Langmuir (atas) dan isoterm Freundlich Adsorpsi Metilen Biru (bawah)

#### 4. SIMPULAN

Kulit kacang tanah yang diaktivasi dengan basa (AAB) dominan mengadsorpsi zat warna metilen biru. Waktu kontak optimum zat warna metilen biru oleh AAB 60 menit, konsentrasi adsorben optimum 1%, pH optimum pH 9, konsentrasi 150 ppm, efisiensi 98.6531%, dan kapasitas adsorpsi 14.0017 mg/g. Karakteristik adsorben yang memiliki gugus fungsi berupa OH, C=C dan C-O. Diameter adsorben AAB yaitu 5.629  $\mu\text{m}$ . Tipe isoterm adsorpsi zat warna metilen biru mengikuti tipe isoterm adsorpsi Freundlich.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Pusat Penelitian dan Penerbitan (Puslitpen) LP2M UIN Syarif Hidayatullah yang telah mendanai Penelitian ini pada Tahun Anggaran 2017 Kluster Penelitian Pengembangan Ilmu Pengetahuan No: Un.01/KPA/573/2017.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ASTM E1252-98. 2013. *Standard Practice for General Techniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis*.
- ASTM E1508. 2012. *Standard Guide for Quantitative Analysis by Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy*.
- Atkins, PW. 1999. *Kimia Fisika jilid II*. Kartohadiprodjo II, penerjemah; Rohhadyan T, editor. Oxford: Oxford University Press. Terjemahan dari: Physical Chemistry.
- Barros LM, Maedo GR, Duarte MML, Silva EP, Lobato. 2003. Biosorption cadmium using the fungus *Aspergillus niger*. *Braz J. Chem.* (20): 1-17.
- Basset J, Denny RC. 1994. *Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik. ed.IV*. Jakarta (ID): EGC. 809.
- Budiono SG. 2009. *Pengaruh Aktivasi Arang Tempurung Kelapa Dengan Asam Sulfat Dan Asam Fosfat Untuk Adsorpsi Fenol*. [Skripsi]. Semarang (ID): Universitas Diponegoro.
- Chakrabarti S, Dutta BK. 2004. Photocatalytic degradation of model textile dyes in wastewater using ZnO as semiconductor catalyst. *Journal of Hazardous Materials*. B112: 269-278.
- Dini, Eka WP, Wardhani S. 2014. Degradasi Metilen Biru Menggunakan Fotokatalis ZnO-Zeolit. *Chem. Prog.* 7(1): Universitas Brawijaya.
- Lempang M, Wasrin S, Gustan P. 2011. *Struktur Dan Komponen Arang Serta Arang Aktif Tempurung Kemiri*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan.
- Mahatmanti F, Widhi S, Woro. 2003. Kajian termodinamika penyerapan zat warna indikator metil oranye (mo) dalam larutan

- air oleh adsorben kitosan. *JSKA*. VI(2): Universitas Negeri Semarang.
- Mahindru SN. 2000. *Food Additives.*, New Delhi (IND): Tata Mc Graw Hill.
- Mortimer RG. 2008. *Physical Chemistry Third Edition*. Canada (CN). Elsevier.Inc.
- Noer S, Pratiwi RD, Gresinta E. 2015. Pemanfaatan kulit durian sebagai adsorben biodegradable limbah domestik cair. Universitas Indraprasta PGRI. *Faktor Exacta*. 8(1): 75-78.
- Nurhasni, Firdiyono F, Sya'ban Q. 2012. Adsorpsi ion aluminium dan besi dalam larutan sodium silikat menggunakan karbon aktif. *Jurnal Kimia Valensi* 2(4): 516-525.
- Nurhasni, Hendrawati, Saniyyah N. 2014. Sekam padi untuk menyerap ion logam tembaga dan timbal dalam air limbah. *Jurnal Kimia Valensi*. 4(1): 36-44.
- Ofelman T, Nurhaeni, Moh. M. 2015. Pemanfaatan arang aktif kulit kacang tanah sebagai adsorben besi (Fe) pada air sumur di desa pendolo, Kec. Pamona Selatan, Kab. Poso. *KOVALEN*. 1(1): 7-12.
- Oscik J, Cooper IL. 1992. *Adsoption*. Chichester: Ellis Horwood Publisher Limited.
- Raghuvanshi SP, Singh R, Kaushik CP. 2004. Kinetics study of methylene blue dye bioadsorption on bagasse. *App Ecol Environ Research* 2: 35-43.
- Riapanitra A, Setyaningtyas T, Riyani K. 2006. Penentuan waktu kontak dan pH optimum adsorpsi metilen biru menggunakan abu sekam padi. *J. Molekul*. 1(1): 41-44.
- Safitri, R.D. 2016. Sintesis dan Karakterisasi Adsorben Magnetik Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Karbon Aktif dari Limbah Kertas untuk Adsorpsi Senyawa Organik. [Skripsi]. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Sapawe N, Jalil AA, Triwahyono S, Sah RNRA, Jusoh NWC, Hairom NHH, Efendi J. 2013. Electrochemical strategy for grown zno nanoparticles deposited onto hy zeolite with enhanced photodecolorization of methylene blue: effect of the formation of Si-O-Zn bonds. *Elsevier*. 456: 144-158.
- Sastrohamidjojo, Hardjono. 1991. *Spektroskopi*. Yogyakarta (ID): Liberty Yogyakarta.
- Sembiring MT, Sinaga T. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. Medan (ID): USU.
- Sembodo BST. 2006. Model /kinetika langmuir untuk adsorpsi timbal pada abu sekam padi. *Ekulilibrium* 5(1): 28-33.
- Susanti A. 2009. Potensi Kulit Kacang Tanah Sebagai Adsorben Zat Warna Reaktif Cibacron Red. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Velmurugan P, Rathina KV, Dhinakaran G. 2011. Dye removal from aqueous solution using low cost adsorbent. *Int. J. Environ. Sci* 1(7).
- Volesky B, Naja G. 2005. *Biosorption: Application Strategies*. In Proceedings of the 16th Internat. *Biotechnol. Symp.* (ISBN 0-920051-17-1).
- Wibowo S, Wasrin S, Gustan P. 2011. *Aplikasi Arang Tempurung Kelapa sebagai Adsorben Udara Pembakaran untuk Meningkatkan Prestasi Sepeda Motor Bensin 4-Langkah*. [Skripsi]. Lampung (ID): Universitas Lampung.
- Wijayanti R. 2009. *Arang Aktif dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas*. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Zhang J, Yupeng Z, Yinkai L, Chunxu P. 2011. Photocatalytic and degradation mechanisms of anatase TiO<sub>2</sub>:a HRTEM Study . *Catal. Sci. Technol*. 1: 273-278.