

## PEMBUATAN KOMPOSIT $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -AMPAS KOPI SEBAGAI ADSORBEN *METHYLENE BLUE*

### SYNTHESIS OF $\text{Fe}_3\text{O}_4$ - COFFEE GROUNDS COMPOSITE AS *METHYLENE BLUE* ADSORBENT

Ummi Nor Hidayah, Teguh Wirawan\*, Soerja Koesnarpadi

Program Studi S1 Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman  
Jln. Barong Tongkok No. 4 Kampus Gn Kelua samarinda, Indonesia

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

Diterbitkan: 30 Oktober 2022

#### ABSTRACT

Synthesis of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -coffee grounds as an adsorbent for methylene blue has been carried out. This study aims to determine the optimum contact time, optimum pH and maximum adsorption capacity and to determine the type of adsorption isotherm on methylene blue adsorption using  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -coffee grounds composite. This research method was carried out experimentally. The first step was the synthesis of the  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -coffee grounds composite using the coprecipitation method with a mass ratio of  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ :  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ : Coffee ground (2:2:7). The next step is to determine the optimum contact time, optimum pH and maximum adsorption capacity. The concentration of methylene blue was analyzed using a UV-Vis Spectrophotometer. The results obtained for determining the optimum contact time is 20 minutes with the optimum pH at pH 8 and has a maximum adsorption capacity of 79.85 mg/g. The type of adsorption isotherm follows the Langmuir adsorption isotherm.

**Keywords:**  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Coffee Grounds Composite, Adsorption, *Methylene blue*

#### ABSTRAK

Pembuatan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi sebagai adsorben *methylene blue* telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu kontak optimum, pH optimum dan kapasitas adsorpsi maksimum serta untuk mengetahui jenis isotherm adsorpsi pada adsorpsi *methylene blue* dengan menggunakan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Ampas Kopi. Metode penelitian ini dilakukan secara eksperimen. Tahap pertama sintesis komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi menggunakan metode kopresipitasi dengan rasio massa  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ :  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ : Ampas Kopi (2:2:7). Tahap berikutnya menentukan waktu kontak optimum, pH optimum dan kapasitas adsorpsi maksimum. Konsentrasi *methylene blue* dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Hasil yang diperoleh untuk penentuan waktu kontak optimum yaitu 20 menit dengan pH optimum pada pH 8 dan memiliki kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 79,85 mg/g. Jenis isotherm adsorpsi mengikuti isotherm adsorpsi Langmuir.

**Kata Kunci:** Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Ampas Kopi, Adsorpsi, *Methylene blue*

#### PENDAHULUAN

Bidang industri pada saat ini cukup mengalami perkembangan yang pesat. Akan tetapi dalam proses perkembangan tersebut mengakibatkan dampak yang buruk terhadap lingkungan karena menghasilkan limbah. Limbah yang dihasilkan dapat berupa zat warna maupun logam yang tidak dapat terurai secara alami yang dihasilkan oleh berbagai industri seperti industri

tekstil, pertambangan, cat yang menghasilkan limbah dan dapat menyebabkan masalah pada hewan, tumbuhan bahkan manusia [1].

*Methylene blue* merupakan salah satu zat warna yang sering digunakan pada industri batik, tekstil, kertas, plastik dan industri-industri lainnya. Zat warna tekstil biasanya terbuat dari senyawa azo serta turunannya yang bersifat non-biodegradable dan merupakan gugus benzena. Zat

warna dari senyawa azo sering digunakan biasanya pada industri batik karena mudah diperoleh serta memiliki harga yang relatif murah. *Methylene blue* dapat menjadi pencemar karena berbahaya bagi lingkungan dan bersifat toksik yang dapat menyebabkan mutasi genetik, iritasi pencernaan apabila tertelan dan lain-lain [2].

Beberapa cara untuk penghilangan pencemar zat warna *methylene blue* salah satunya dengan cara adsorpsi. Adsorpsi adalah proses perpindahan massa pada permukaan pori-pori dalam butiran adsorben. Sifat dari masing-masing permukaan berbeda, tergantung pada susunan dalam molekul-molekul zat. Setiap molekul dalam interior dikelilingi oleh molekul-molekul lainnya, sehingga gaya tarik menarik antar molekul akan sama besar, setimbang ke segala bagian. Sedangkan untuk molekul dipermukaan hanya mempunyai gaya tarik ke arah dalam [3].

Menurut Apecsiana dkk. [4] dan Arifin dkk. [5] metode adsorpsi memiliki keunggulan yaitu dalam pengolahannya tidak terbentuk lumpur, efektif, efisien serta memiliki harga yang relatif murah. Adsorpsi juga merupakan salah satu teknik yang ramah lingkungan yang memiliki sifat reversibel, adsorpsi tidak menghasilkan polutan tersier maupun sekunder, mudah dipisahkan serta mudah untuk dibuat [6].

Macam-macam adsorben yang dapat digunakan untuk adsorpsi zat warna yaitu seperti karbon aktif, bentonit, nano partikel, selulosa komposit, ampas kopi dan lain-lain. Adsorben dari ampas kopi dapat diperoleh dengan cara penyeduhan bubuk kopi. Ampas kopi merupakan limbah yang tidak terpakai yang diperoleh dari kafe. Namun adsorben dari ampas kopi memiliki kelemahan yaitu sulit untuk dipisahkan dalam suatu larutan sampel setelah proses adsorpsi.

Pemisahan secara magnetik sangat dibutuhkan dalam pemisahan antara senyawa dan sampel [7]. Pemisahan secara magnetik merupakan suatu cara untuk memisahkan adsorben dan sampel dengan menggunakan magnet eksternal [8]. Salah satu senyawa yang memiliki sifat magnet yaitu nano partikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Nano partikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dibuat dengan menggabungkan  $\text{Fe}^{2+}$  dengan  $\text{Fe}^{3+}$ . Menurut Fisli dkk. [9] komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Arang Aktif memiliki daya serap yang tinggi pada zat warna *methylene blue*.

Komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berbeda secara mikroskopis dimana bahan pembentuk terlihat seperti bentuk awal dan memiliki hubungan kerja

[10]. Pembuatan komposit dari komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Ampas Kopi yaitu dimaksudkan untuk menggabungkan sifat adsorpsi dari ampas kopi dengan sifat magnet dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang akan digunakan dalam mengadsorpsi zat warna. Sifat magnet ini akan dimanfaatkan pada proses pemisahan partikel komposit dalam sampel air dengan menggunakan batang magnet. Sehingga pada proses pemisahan akan lebih efisien, mudah dan cepat dan sederhana [9].

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah ampas kopi yang akan dikompositkan dengan magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) menjadi adsorben magnetik. Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Ampas Kopi tersebut akan digunakan untuk mengadsorpsi zat warna *methylene blue*, sehingga diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menjadi salah satu metode pemanfaatan limbah ampas kopi dan dapat membantu dalam masalah pencemaran lingkungan dari zat warna *methylene blue*.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu neraca analitik, corong Buchner, oven, *magnetic stirrer*, magnet, labu ukur, pH meter Krisbow, *stopwatch*, bulp, ayakan 60 mesh, corong pisah, statif, klem, desikator, *shaker* memmert, Spektrofotometer Visibel 7220G Rayleigh dan seperangkat alat kaca.

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ampas kopi, aquades, aluminium foil, *methylene blue*,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , dan  $\text{NaOH}$ .

### Prosedur Penelitian

#### Preparasi Ampas Kopi

Ampas kopi didapatkan dari salah satu kafe yang ada di Samarinda. Ampas kopi dicuci beberapa kali dengan aquades mendidih, lalu dicuci dengan aquades hingga filtrat tak berwarna. Ampas kopi kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu  $105^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Kemudian digerus dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh.

#### Pembuatan Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Ampas Kopi

Padatan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 3 gram dilarutkan dalam 100 aquades. Sebanyak 2,898 gram  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan

beberapa tetes  $H_2SO_4$  pekat, dilarutkan dengan 50 mL aquades panas (jika kecoklatan ditambah lagi beberapa tetes  $H_2SO_4$  pekat). Larutan  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  dan larutan  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  dicampur sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer. Pada wadah lain ampas kopi sebanyak 10 gram dilarutkan dalam 100 mL aquades ke dalam labu Erlenmeyer 250 mL diaduk dengan menggunakan magnetic stirrer sambil dipanaskan pada suhu  $70^\circ C$ . Kemudian ditambahkan larutan campuran  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  dan  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ ,  $NH_4OH$  25% sebanyak 100 mL ditambahkan tetes demi tetes dengan menggunakan corong pisah (suhu dijaga  $70^\circ C$  selama 3 jam). Campuran disaring menggunakan corong Buchner dan pompa vakum. Endapan dicuci hingga pH sama dengan pH aquades dan dikeringkan di dalam oven pada suhu  $100^\circ C$  selama 3 jam. Kemudian dimasukkan ke dalam desikator. Kemudian digerus dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh [11].

#### Adsorpsi Terhadap Zat Warna *Methylene blue* Penentuan Waktu Optimum

Sebanyak 0,05 gram komposit  $Fe_3O_4$ -ampas kopi dimasukkan ke dalam 25 mL larutan *methylene blue* 50 mg/L. Kemudian larutan diaduk menggunakan shaker selama masing-masing 2,5; 5; 7,5; 10; 15; 20; 25; 30 dan 45 menit. Komposit  $Fe_3O_4$ -ampas kopi dan *methylene blue* dipisahkan dengan menggunakan magnet dan filtrat ditentukan konsentrasi *methylene blue* dengan menggunakan spektrofotometer visibel.

#### Penentuan pH Optimum

Sebanyak 0,05 gram komposit  $Fe_3O_4$ -ampas kopi dimasukkan ke dalam 25 mL larutan *methylene blue* 50 mg/L yang pH larutan telah diatur masing-masing 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan 10. Larutan diaduk menggunakan shaker dengan waktu optimum. Komposit  $Fe_3O_4$ -ampas kopi dan larutan *methylene blue* dipisahkan dengan menggunakan magnet dan filtrat ditentukan konsentrasi *methylene blue* dengan menggunakan spektrofotometer visibel.

#### Variasi Konsentrasi

Sebanyak 0,1 gram komposit  $Fe_3O_4$ -ampas kopi dimasukkan ke dalam 50 mL larutan *methylene blue* dengan masing-masing konsentrasi 10, 20, 50, 75, 100, 200, 300 dan 400, dimana pH larutan diatur pada pH optimum dan diaduk menggunakan shaker dengan waktu optimum. Komposit  $Fe_3O_4$ -ampas kopi dan larutan *methylene blue* dipisahkan dengan menggunakan magnet dan filtrat ditentukan

konsentrasi *methylene blue* dengan menggunakan spektrofotometer visibel.

#### Analisis Data

Penentuan isoterm dilakukan dengan cara dibuat grafik perbandingan antara  $1/Q_a$  dengan  $1/C_a$  dan grafik antara  $\log Q_a$  dengan  $\log C_a$  kemudian dilihat nilai regresi yang mendekati nilai 1.

Adapun rumus kapasitas adsorpsi adalah sebagai berikut:

$$q_e = \frac{(C_o - C_e) V}{m} \quad (1)$$

Keterangan :

$m$  = massa adsorben (g)

$V$  = volume larutan (L)

$C_o$  = konsentrasi awal (mg/L)

$C_e$  = konsentrasi kesetimbangan (mg/L)

$q_e$  = kapasitas adsorpsi (mg/g)

Isoterm Langmuir

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{bq_m} + \frac{C_e}{q_m} \quad (2)$$

Keterangan :

$C_e$  = konsentrasi kesetimbangan (mg/L)

$q_e$  = jumlah zat terserap pergram adsorben (mg/g)

$q_m$  = kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

$b$  = konstanta Langmuir (L/mg)

Isoterm Freundlich

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (3)$$

Keterangan :

$q_e$  = berat zat yang di adsorpsi per gram adsorben (mg/g)

$C_e$  = konsentrasi zat (mg/L)

$K_F$  = kapasitas adsorpsi (mg/g)

$n$  = konstanta Freundlich (mg/g) [12]

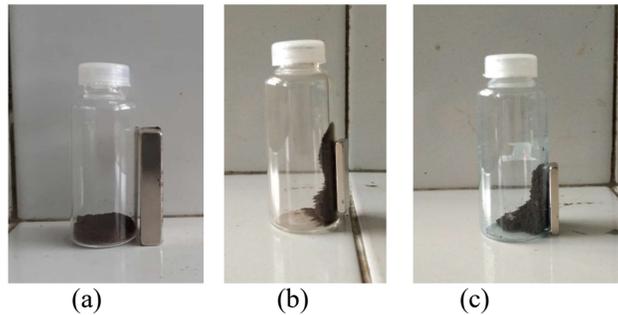
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembuatan Adsorben Komposit $Fe_3O_4$ -Ampas Kopi

Adsorben komposit  $Fe_3O_4$ -ampas kopi dibuat dengan cara menggabungkan  $Fe_3O_4$  dengan ampas kopi yang telah dipreparasi sebelumnya. Komposit-ampas kopi dibuat dengan cara menggabungkan  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ,  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  dan ampas kopi dengan rasio massa  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ :  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ : Ampas Kopi (2:2:7). Campuran tersebut diaduk menggunakan magnetic stirrer dan ditambahkan larutan  $NH_4OH$  sebanyak 200 mL yang berfungsi

sebagai larutan pengendap, sehingga akan didapatkan endapan berupa komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi. Penggabungan ini dimaksudkan untuk menggabungkan sifat adsorpsi dari ampas kopi dan sifat magnet dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , sehingga akan mempermudah dalam pemisahan antara adsorben dengan larutan limbah. Seperti pada gambar 1 (a) dapat terlihat bahwa ampas kopi tidak memiliki sifat magnet ketika didekatkan dengan batang

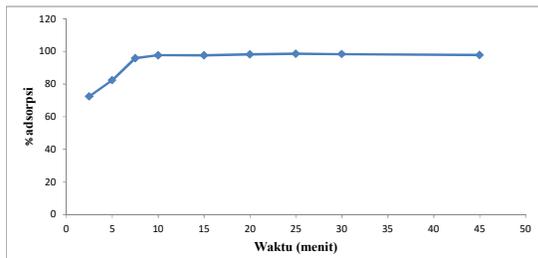
magnet eksternal, pada gambar 1 (b) terlihat bahwa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  memiliki sifat magnet yang sangat kuat ketika didekatkan dengan batang magnet eksternal dan pada gambar 1 (c) dapat terlihat bahwa komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi memiliki sifat magnet ketika didekatkan dengan batang magnet eksternal. Gambar 1 (c) menunjukkan bahwa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  berhasil dikompositkan dengan ampas kopi.



Gambar 1. (a) Ampas Kopi, (b)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , (c) Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  -Ampas Kopi

### Adsorpsi Terhadap Zat Warna *Methylene blue* Penentuan Waktu Optimum

Pada penelitian ini dilakukan penentuan waktu optimum pada uji adsorpsi dengan tujuan mengetahui waktu kontak optimum dari *methylene blue* terhadap adsorben komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi. Grafik penentuan waktu optimum disajikan pada gambar 2.



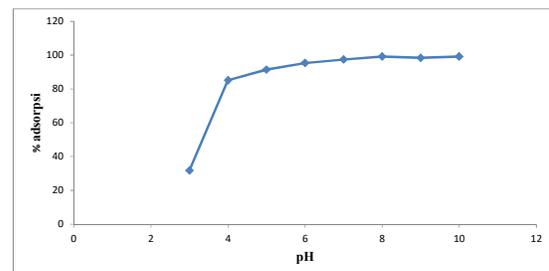
Gambar 2. Grafik Variasi Waktu Terhadap Adsorpsi *Methylene blue*

Berdasarkan gambar 2 dapat diketahui bahwa dari waktu 2,5 menit hingga 15 menit masih mengalami kenaikan persen adsorpsi, pada menit ke-20 hingga menit ke-45 persen adsorpsi telah mengalami konsistensi. Sehingga dari grafik di atas didapatkan waktu kontak optimum untuk komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi adalah 25 menit yang memiliki persen adsorpsi sebesar 98.58 %.

### Penentuan pH Optimum

Pada penelitian ini dilakukan penentuan pH optimum pada uji adsorpsi dengan tujuan mengetahui pH optimum dari *methylene blue*

terhadap adsorben komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi. Grafik penentuan pH optimum disajikan pada gambar 3.

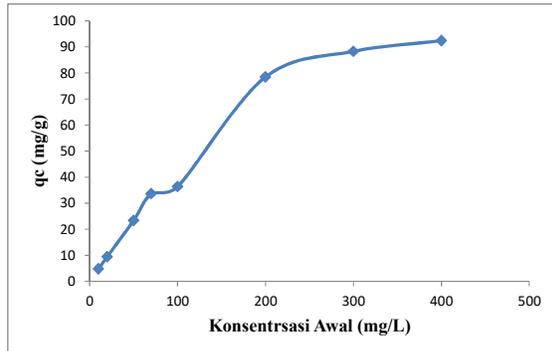


Gambar 3. Grafik Variasi pH Terhadap *Methylene blue*

Berdasarkan gambar 3 dapat diketahui bahwa dari pH 3 hingga 7 masih mengalami kenaikan persen adsorpsi, kemudian mulai mengalami konsistensi pada pH 8. Maka dari itu didapatkan pH optimum yaitu pada pH 8 dengan persen adsorpsi sebesar 99,15 %. pH larutan mempengaruhi proses adsorpsi dimana pada pH rendah permukaan adsorben menjadi positif karena adanya protonasi gugus fungsi pada permukaan adsorben, sehingga proses adsorpsi pada zat warna berkurang. Sedangkan ketika meningkatnya pH larutan zat warna, akan mengakibatkan terjadinya deprotonasi gugus bermuatan positif pada adsorben. daya tarik elektrostatis antara muatan negatif pada adsorben dan muatan positif pada zat warna menyebabkan peningkatan proses adsorpsi zat warna [13].

### Variasi Konsentrasi

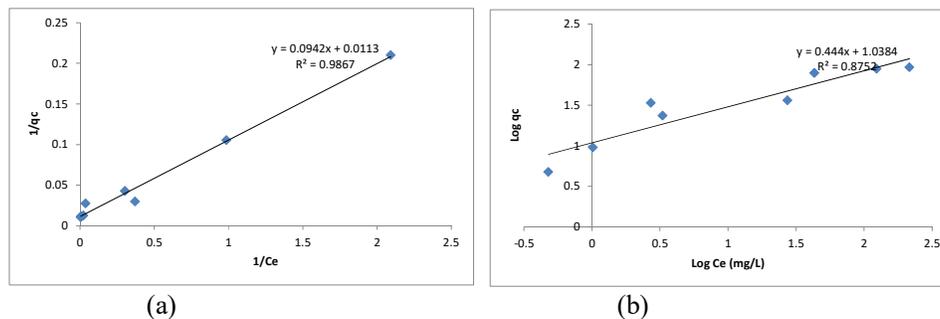
Pada penelitian ini dilakukan dengan berbagai variasi konsentrasi pada uji adsorpsi dengan tujuan mengetahui jenis isoterm adsorpsi dan mengetahui kapasitas adsorpsi dari *methylene blue* terhadap adsorben komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ampas kopi. Grafik variasi konsentrasi disajikan pada gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik Variasi Konsentrasi Terhadap Kapasitas Adsorpsi *Methylene Blue*

Berdasarkan gambar 4 dapat diambil kesimpulan bahwa peningkatan adsorpsi pada komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ampas kopi yaitu pada variasi konsentrasi 400 mg/L dengan *methylene blue* teradsorpsi sebesar 92,38 mg/g. Hal tersebut dikarenakan permukaan dari komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ampas kopi belum jenuh sehingga masih dapat menyerap *methylene blue*. Apabila Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ampas kopi telah mengalami kejenuhan, komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ampas kopi akan mengalami penurunan daya adsorpsi. Dapat terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi semakin tinggi kapasitas adsorpsi namun tidak menaikkan nilai kapasitas, yaitu pada konsentrasi 200 mg/L yang mengalami kejenuhan pada adsorben sehingga nilai kapasitas tidak meningkat secara signifikan. Dari gambar 16 didapatkan nilai kapasitas adsorpsi pada adsorpsi *methylene blue* sebesar 79,85 mg/g.

Penentuan isoterm pada komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ampas kopi dilakukan pada dua jenis isoterm yaitu isoterm Langmuir dan isoterm freundlich, yang disajikan pada gambar 5.



**Gambar 5.** (a) Isoterm Langmuir dan (b) Isoterm Freundlich Adsorpsi *Methylene blue* Oleh Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Ampas Kopi

Dari gambar 5 (a) didapatkan nilai R<sup>2</sup> pada jenis isoterm Langmuir 0,9867 dan pada gambar 5 (b) didapatkan nilai R<sup>2</sup> isoterm Freundlich sebesar 0,8752. Dari hasil tersebut maka komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ampas kopi untuk menyerap *methylene blue* mengikuti jenis isoterm Langmuir, yaitu kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat dari adanya lapisan tunggal adsorbat pada permukaan adsorben [14].

### KESIMPULAN

Hasil waktu kontak, pH dan kapasitas adsorpsi maksimum pada *methylene blue* terjadi optimum pada waktu kontak yaitu pada waktu kontak 25 menit, pH 8 dan memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 79,85 mg/g. Hasil dari penentuan jenis isoterm pada adsorpsi *methylene blue* yaitu didapatkan jenis isoterm Langmuir.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada kepala laboratorium anatomi dan sistematika tumbuhan jurusan biologi FMIPA UNMUL yang telah melakukan identifikasi tumbuhan, Kepala Laboratorium Organik dan Biokimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian di lab tersebut.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saputro S., Masykuri M., Mahardiani L., Mulyani B., dan Wahyuni N T., 2016, Kajian Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) Oleh Adsorben Kombinasi Arang Aktif Sekam Padi dan Zeolit Menggunakan Metode

- Solid – Phase Spectrophotometry, *Jurnal Sains Dasar*, 5(2), 116-123.
- [2] Fathoni I., dan Rusmini, 2016, Pemanfaatan Bentonit Teknis Sebagai Adsorben Zat Warna, *UNESA Journal of Chemistry* 5(3), 18-22.
- [3] Asip F., Mardhiah R., dan Husna, 2008, Uji Efektifitas Cangkang Telur dalam Mengadsorpsi Ion Fe dengan Proses Batch, *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2), 22-26.
- [4] Apecsiana F., Kristianto H., dan Andreas A., 2016, Adsorpsi Ion Logam Tembaga Menggunakan Karbon Aktif dari Bahan Baku Kulit Salak, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*, 12, 1-7.
- [5] Arifin Z., Irawan D., Rahim M., dan Ramantiya F., 2012, Adsorpsi Zat warna Direct Black 38 Menggunakan Kitosan Berbasis Limbah Udang Delta Mahakam, *Sains dan Terapan Kimia*, 6(1), 35-45.
- [6] Ullah M., 2020, The Effective Removal of Heavy Metals From Water by Activated Carbon Adsorbents of Albizia Lebbeck And Melia Azedarach Sed Shells, *Soil and Water Research*, 15(1), 30-37.
- [7] Safarik I., Horska K., dan Svobodova B., 2012, Magnetically Modified Spent Coffe Grounds for Dyes Removal, *Eur Food Res Techno*, 345-350, DOI 10.1007/s00217-011-1641-3.
- [8] Minh P T., dan Lebedeva O E., 2018, Adsorption Properties of a Magnetite Composite with Coffe Waste, *Russian Journal of Physical Chemistry A*, 92(10), 2044-2047.
- [9] Fisli A., Safitri R D., Nurhasni., dan Deswita, 2018, Analisis Struktur dan Porositas Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Karbon Aktif dari Limbah Kertas Sebagai Adsorben Magnetik, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 19(4), 179-187.
- [10] Oroh J., Sappu F P., dan Lumintang R., 2013, Analisis Sifat Mekanik Material Komposit dari Serat Sabut Kelapa, *Jurnal Online Poros Teknik Mesin Unsrat*, 1(1), 1-10.
- [11] Sivaprakash S., Kumar P S., Krishna S K., dan Sivaprakasha S., 2017, Adsorption Study of Various Dyes on Activated Carbon Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Magnetic Nano Composite, *International Journal of Applied Chemistry*, 13(2) 255-266.
- [12] Zubaidah S., Khaldun I., dan Hanum L., 2017, Uji Daya Serap Serbuk Gergaji Kayu Pinus (*Pinus mercusii*) Terhadap Logam Timbal (II) Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Kimia* 2(2) 107-116.
- [13] Azouaou N., Sadaoui Z., Djaafri, dan Mokaddem H., 2010, Adsorption of Cadmium From Aqueous Solution Onto Untreated Coffe Grounds: Equilibrium, Kinetics and Thermodynamics, *Journal of Hazardous Material* 184 126-134.
- [14] Handayani M., dan Sulistiyono E., 2009, Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) Oleh Zeolit, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir* 130-136.