

## ADSORPSI ION LOGAM KADMIUM (II) MENGGUNAKAN MAGNETIT ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )-ARANG AKTIF DARI KULIT BUAH TARAP (*Artocarpus odoratissimus*)

### ADSORPTION OF CADMIUM (II) METAL IONS USING MAGNETITE ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )-ACTIVATED CHARCOAL FROM THE SKIN OF TARAP FRUIT (*Artocarpus odoratissimus*)

Ririn Anggraeni Fatmawati, Soerja Koesnarpadi\*, Teguh Wirawan

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman  
Jalan Barong Tongkok, Kampus Gn.Kelua, Samarinda 72123, Kalimantan Timur, Indonesia

\* Corresponding Author : [soerja.koes@gmail.com](mailto:soerja.koes@gmail.com)

#### Article History

Submitted : 08 July 2024

Accepted: 28 August 2024

#### ABSTRACT

Adsorption of cadmium (II) metal ions has been carried out using magnetite adsorbent ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) and  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -activated charcoal composite of tarap fruit peel ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -AA). The  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  adsorbent was made using the coprecipitation method from  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  with a mole ratio of 1:1. Composite adsorbent  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -activated charcoal from tarap fruit peel from  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  combined with activated charcoal from tarap fruit peel. The separation process uses the help of an external magnet, and the cadmium concentration is analyzed using an Atomic Absorption Spectrophotometer (SSA). on the adsorbent. The results of characterization using FT-IR on  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  show the presence of Fe-O groups and on  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -AA it shows the presence of Fe-O and -OH groups and there are C-O groups from activated charcoal. In XRD analysis, diffraction peaks were obtained which were not much different from standard  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  with a smooth and sharp crystal structure. Furthermore, in the VSM analysis, results were obtained in the form of magnetization curves which showed that  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  and  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -AA were superparamagnetic. The optimum conditions for the magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) adsorbent at pH 6 with a contact time of 60 minutes and an adsorption capacity of 23.3664 mg/g, while the optimum conditions for the composite adsorbent  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -AA at pH 5 with a contact time of 45 minutes and a maximum adsorption capacity of 26.4550 mg/g. The absorption percentage of the  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  adsorbent was 95.042% and the  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -AA adsorbent was 95.092%.

**Keywords:** Adsorption,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -AA, Cadmium, Tarap Fruit Peel.

#### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini telah memberikan kemudahan bagi aktivitas manusia. Teknologi berkembang sangat pesat di berbagai bidang, salah satunya dalam bidang industri. Walaupun memberikan dampak yang positif, perkembangan industri juga menghasilkan dampak negatif bagi lingkungan. Maraknya aktivitas industri menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan sekitar. Limbah industri yang tidak terkontrol menyebabkan rusaknya berbagai ekosistem baik di darat maupun di perairan. Limbah yang dihasilkan dapat berupa limbah padat, cair, dan gas. Salah satu pencemar yang mungkin terkandung dalam sisa pembuangan industri tersebut adalah logam berat yang dapat merusak ekosistem.<sup>1</sup>

Logam berat adalah jenis pencemar yang sangat berisiko dalam ekosistem karena tidak dapat terurai secara alami, bersifat racun dan mampu mengalami bioakumulasi dalam rantai makanan.<sup>2</sup> Logam Cd merupakan salah satu logam berat yang keberadaannya berbahaya bila terdapat di perairan. Ambang batas maksimum untuk logam Cd dalam perairan

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



ialah 0,01 ppm sebagaimana yang telah diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas dan pengendalian pencemaran air. Kadar kadmium yang berlebih dapat beresiko menyebabkan penyakit akut dan berbahaya pada manusia.<sup>3</sup>

Untuk menurunkan konsentrasi logam Cd dalam upaya menanggulangi pencemaran di lingkungan perairan, dapat dilakukan dengan berbagai metode baik secara fisika maupun secara kimia seperti pengendapan, pertukaran ion dengan menggunakan resin, filtrasi, dan adsorpsi. Diantara berbagai metode tersebut, adsorpsi merupakan metode paling umum dipakai karena mempunyai konsep yang lebih ekonomis dan sederhana.<sup>4</sup> Proses adsorpsi secara umum merupakan proses pemisahan komponen tertentu (adsorbat) ke permukaan zat padat (adsorben). Adsorben yang digunakan sebagai komponen utama dalam proses adsorpsi tentunya sangat penting terhadap kualitas penyerapan yang diperoleh. Penggunaan adsorben alami dapat menjadi alternatif yang baik sebagai pemanfaatan material organik di lingkungan. Material organik tersebut di antaranya ampas kopi, biomassa, tanaman air, serta kulit buah-buahan seperti kulit buah tarap.<sup>5</sup>

Buah tarap (*Artocarpus odoratissimus*) merupakan spesies buah tropis yang dapat ditemukan secara luas di pulau Kalimantan. Tingginya konsumsi buah tersebut menyebabkan banyak kulit yang terbuang sehingga menjadi limbah yang dapat mencemari lingkungan. Limbah kulit buah Tarap dapat dimanfaatkan sebagai adsorben alami yang dapat digunakan dalam proses adsorpsi. Pemanfaatannya yaitu dengan mengubah limbah ini menjadi produk baru yang berkelanjutan seperti karbon aktif. Kulit buah tarap prekursorinya mengandung karbon dalam jumlah yang tinggi sehingga berpotensi untuk menjadi karbon aktif.<sup>5</sup> Kelemahan dalam proses adsorpsi menggunakan karbon aktif ialah perlunya pemisahan (filtrasi) dalam prosesnya, sehingga untuk mengurangi hal tersebut dapat dilakukan dengan mengubah karbon aktif menjadi komposit.

Komposit merupakan sekumpulan yang tersusun dari berbagai material pembentuk tunggal yang ketika disatukan membentuk struktur baru dengan sifat yang berbeda dan lebih baik dibandingkan sifat material penyusunnya.<sup>6</sup> Magnetit atau  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  adalah material magnetik yang dikategorikan ke dalam kelompok besi oksida dengan sifat kemagnetan terbesar diantara fase lainnya. Sifat magnetik dapat dimanfaatkan pada proses pemisahannya dapat berlangsung dengan mudah, cepat, efisien dan sederhana.<sup>7</sup> Pembuatan Komposit magnetit bertujuan untuk menggabungkan sifat adsorpsi dari arang aktif dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , sehingga dapat meningkatkan kinerja adsorpsinya. Selain itu,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  juga memiliki sifat magnet yang akan memudahkan proses pemisahan.<sup>8</sup>

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah kulit buah tarap yang akan dikompositkan dengan magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) menjadi adsorben magnetik. Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -arang aktif kulit buah tarap tersebut akan digunakan untuk mengadsorpsi logam kadmium (Cd), sehingga diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menjadi salah satu metode pemanfaatan limbah kulit buah tarap dan dapat membantu dalam masalah pencemaran lingkungan.

## 2. METODE

### 2.1 Alat dan Bahan

#### 2.1.1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu neraca analitik, ayakan 60 mesh, cawan porselen, magnetic stirrer, pompa vakum, corong buchner, karet hisap, oven, furnace, pH meter, corong pisah, statif, klem, neraca analitik, labu ukur, gelas kimia, lumpang dan alu, stopwatch, magnet, desikator, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD), Vibrating Sample Magnetometer (VSM).

#### 2.1.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kulit buah tarap dari Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman, aluminium foil, *plastic wrap*, aquades,  $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$  25%, NaOH, HCl, *methylene blue*.

## 2.2 Prosedur Penelitian

### 2.2.1. Preparasi Kulit Buah Tarap

Kulit buah tarap dibersihkan dan dipotong kecil-kecil. Kulit buah tarap dikeringkan di bawah sinar matahari hingga kering. Kulit buah tarap dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh.

### 2.2.2. Pembuatan Arang Aktif Kulit Buah Tarap

Serbuk kulit buah tarap dikarbonasi menggunakan tanur pada suhu 450°C selama 1 jam hingga terbentuk arang. Arang serbuk kulit buah sebanyak 30 gram direndam ke dalam larutan HCl 2M sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 2 jam, kemudian didiamkan selama 24 jam, dan diaduk kembali menggunakan magnetic stirrer selama 2 jam. Campuran disaring menggunakan corong *Buchner* dan pompa vakum. Endapan dicuci hingga pH filtrat sama dengan pH aquades, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C hingga kering dan dimasukkan ke dalam desikator.

### 2.2.3. Pembuatan Adsorben Magnetit ( $Fe_3O_4$ )

Padatan  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  sebanyak 6,0000 gram dilarutkan dalam 100 mL aquades. Sebanyak 5,8336 gram  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  dilarutkan dengan 100 mL aquades panas, kemudian ditambahkan beberapa tetes larutan  $H_2SO_4$  pekat hingga larutan berwarna lebih muda. Larutan  $FeCl_3$  dan larutan  $FeSO_4$  dicampur sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*, kemudian ditambahkan 200 mL larutan  $NH_4OH$  25% tetes demi tetes (dijaga suhunya tetap 70°C selama 3 jam). Campuran disaring menggunakan corong *Buchner* dan pompa vakum, kemudian endapan dicuci hingga pH filtrat sama dengan pH aquades. Magnetit dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 3 jam dan dimasukkan dalam desikator. Magnetit digerus dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh.<sup>9</sup>

### 2.2.4. Pembuatan Adsorben Komposit $Fe_3O_4$ -Arang Aktif Kulit Buah Tarap

Padatan  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  sebanyak 3,0000 gram dilarutkan dalam 50 mL aquades. Sebanyak 2,9167 gram  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  dilarutkan dengan 50 mL aquades panas, kemudian ditambahkan beberapa tetes larutan  $H_2SO_4$  hingga larutan berwarna lebih muda. Larutan  $FeCl_3$  dan larutan  $FeSO_4$  dicampur sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Pada wadah lain, sebanyak 10 gram arang aktif kulit buah tarap dimasukkan dalam 100 mL aquades dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* sambil dipanaskan pada suhu 70°C. Kemudian ditambahkan campuran larutan  $FeCl_3$  dan  $FeSO_4$ , larutan  $NH_4OH$  25% sebanyak 100 mL tetes demi tetes (dijaga suhunya tetap 70°C selama 3 jam). Campuran disaring menggunakan corong *Buchner* dan pompa vakum, kemudian endapan dicuci hingga pH filtrat sama dengan pH aquades. Komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 3 jam dan dimasukkan ke dalam desikator. Komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap digerus dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh.<sup>9</sup>

### 2.2.5. Optimasi Adsorben $Fe_3O_4$ dan $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap terhadap logam Cd

#### 2.2.5.1. Variasi pH

Padatan  $Fe_3O_4$  dan  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap masing-masing sebanyak 20 mg ditambahkan ke dalam 10 mL larutan Cd 25 mg/L dengan variasi pH 2, 3, 4, 5 dan 6. Larutan diaduk menggunakan *shaker* selama 60 menit dan dipisahkan menggunakan magnet eksternal. Filtrat ditentukan konsentrasi logam kadmium menggunakan alat spektrofotometer serapan atom.

#### 2.2.5.2. Variasi Waktu

Padatan  $Fe_3O_4$  dan  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap masing-masing sebanyak 20 mg ditambahkan ke dalam 10 mL larutan Cd 25 mg/L dengan menggunakan pH optimum. Larutan diaduk menggunakan *shaker* dengan variasi waktu pada 10, 15, 30, 45, 60 dan 65 menit dan dipisahkan menggunakan magnet eksternal. Filtrat ditentukan konsentrasi logam kadmium menggunakan alat spektrofotometer serapan atom.

### 2.2.5.3. Variasi Konsentrasi

Padatan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -arang aktif kulit buah tarap masing-masing sebanyak 20 mg ditambahkan ke dalam 10 mL larutan Cd dengan variasi konsentrasi 25, 50, 75, 100 dan 125 mg/L pada pH optimum. Larutan diaduk menggunakan *shaker* dengan waktu optimum dan dipisahkan menggunakan magnet eksternal. Filtrat ditentukan konsentrasi logam kadmium menggunakan alat spektrofotometer serapan atom.

### 2.3 Analisis Data

Berdasarkan data pengaruh konsentrasi yang diperoleh, dapat dihitung kapasitas adsorpsi menggunakan rumus berikut:<sup>10</sup>

$$qe = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} \quad \text{Persamaan 1}$$

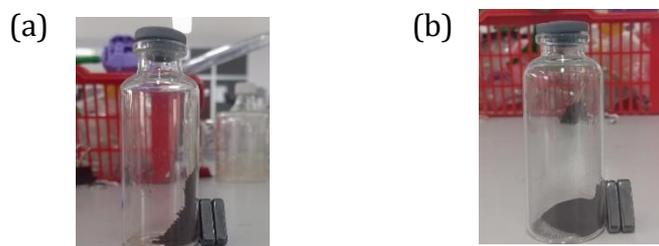
Keterangan:

- V : volume larutan (L)
- m : massa adsorben (g)
- $C_0$  : konsentrasi awal (mg/L)
- $C_e$  : konsentrasi kesetimbangan (mg/L)
- qe : kapasitas adsorpsi (mg/g)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pembuatan Adsorben Arang Aktif, Magnetit dan Komposit

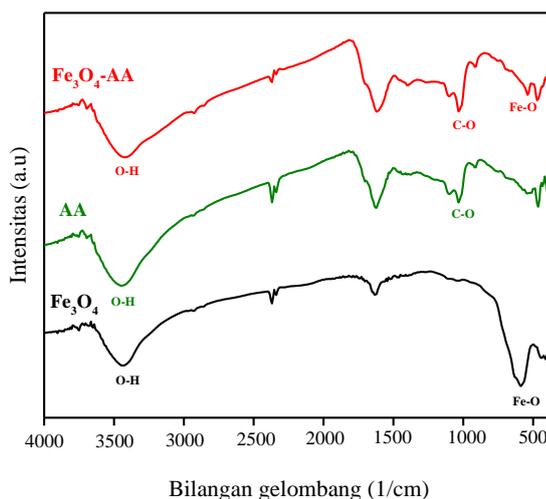
Arang aktif kulit buah tarap dibuat melalui proses karbonisasi pada suhu  $450^\circ\text{C}$  selama 1 jam, kemudian diaktivasi menggunakan larutan HCl 2M. Selanjutnya, pembuatan adsorben magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dibuat dengan menggabungkan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dengan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dengan perbandingan mol 1:1, yang kemudian ditambahkan larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  25% yang berfungsi untuk mengendapkan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  agar terpisah dengan zat pengotornya dan terbentuk serbuk  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  berwarna hitam yang mempunyai sifat ferromagnetik (dapat ditarik kuat oleh magnet). Selanjutnya dilakukan pembuatan adsorben komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Arang Aktif Kulit Buah Tarap ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -AA) dengan cara menggabungkan arang aktif kulit buah tarap (AA) dengan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang bertujuan untuk menggabungkan sifat adsorpsi dari arang aktif kulit buah tarap dan sifat magnet dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Sifat magnet tersebut dimanfaatkan pada proses pemisahan antara adsorben dengan logam kadmium menggunakan magnet eksternal, sehingga proses pemisahan dapat berlangsung dengan mudah, cepat, efisien dan sederhana. Seperti pada **Gambar 1** merupakan gambaran fisik dari adsorben  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -AA. Secara fisik kedua adsorben tersebut sama-sama berwarna hitam, namun terdapat perbedaan jika dilihat dari sifat kemagnetannya ketika didekatkan dengan agen magnet eksternal. Pada adsorben  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  menunjukkan adanya sifat magnet yang kuat, begitu pula pada  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -AA menunjukkan adanya sifat magnet namun tidak sekuat pada adsorben  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .



**Gambar 1.** (a). Adsorben  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (b). Adsorben  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -AA

### 3.2 Hasil Analisa Fourier Transformed Infrared (FTIR)

Fourier Transformed Infrared (FTIR) merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui gugus fungsi dan bilangan gelombang yang sesuai pada arang aktif kulit buah tarap, magnetit, dan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Arang aktif kulit buah tarap. Berikut adalah hasil karakterisasi yang diperoleh.



**Gambar 2** Hasil spektra FTIR Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, AA, dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-AA

Berdasarkan data tersebut dapat ditentukan panjang gelombang yang sesuai dengan literatur<sup>11</sup>. Berikut hasil spektrum FTIR dari Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, AA dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-AA dapat dilihat pada **Tabel 1**.

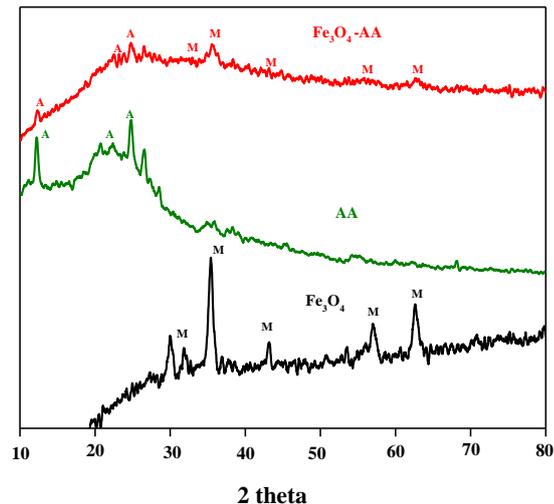
**Tabel 1.** Hasil Gugus Fungsi dan Bilangan Gelombang Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, AA dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-AA

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )			
	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	AA	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -AA	Literatur <sup>11</sup>
O-H	3441,01	3448,72	3425,58	3300-3600
C-O	-	1103,28	1103,28	1050-1300
Fe-O	586,36	-	540,07	500-610

Berdasarkan hasil karakterisasi FT-IR diatas, hasil spektrum pada magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) muncul pita serapan melebar pada bilangan gelombang 3441,01 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan bahwa terdapat gugus O-H. pada bilangan gelombang 540,07 cm<sup>-1</sup> menunjukkan bahwa terdapat gugus Fe-O. Hasil spektrum pada AA, muncul pita serapan melebar pada bilangan gelombang 3448,72 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan bahwa terdapat gugus O-H. Selain itu, terdapat serapan pada bilangan gelombang 1103,28 cm<sup>-1</sup> menunjukkan terdapat gugus C-O yang menyatakan bahwa arang aktif kulit buah tarap telah membentuk zat karbon karena gugus C-O merupakan gugus khas dari arang aktif. Hasil spektrum pada komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-AA muncul pita serapan melebar pada bilangan gelombang 3425,58 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan bahwa terdapat gugus O-H. Pada bilangan gelombang 1130,28 cm<sup>-1</sup> menunjukkan terdapat gugus C-O yang menyatakan bahwa masih terdapat gugus khas dari arang aktif, selain itu muncul serapan pada bilangan gelombang 540,07 cm<sup>-1</sup> menunjukkan dugaan adanya serapan logam-oksigen yang berupa ikatan Fe-O. Hal ini menandakan bahwa material Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> berhasil dikompositkan dengan arang aktif kulit buah tarap.

### 3.3 Hasil Analisa X-Ray Diffraction (XRD)

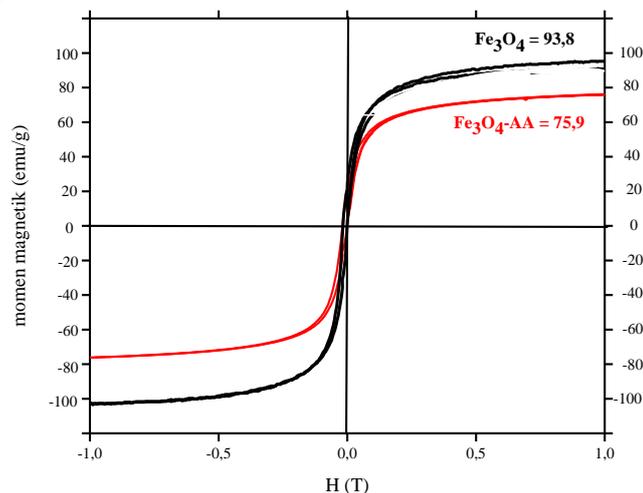
X-Ray Diffraction (XRD) merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui fasa kristalin pada magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Arang aktif kulit buah tarap. **Gambar 3** berikut adalah hasil karakterisasi yang diperoleh.



Berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan XRD, pada  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terdapat puncak-puncak tajam yang menandakan bahwa material  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  berbentuk kristalin, muncul puncak difaktogram  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sudut  $2\theta$  sebesar  $30,27^\circ$ ;  $35,28^\circ$ ;  $43,56^\circ$ ;  $57,46^\circ$  dan  $63,20^\circ$ . Sudut-sudut tersebut mempunyai pola difraksi yang mirip dengan data base XRD dari JCPDS-ICDD No.07-0322 yaitu  $30,42^\circ$ ;  $35,73^\circ$ ;  $43,45^\circ$ ;  $56,90^\circ$ ;  $62,90^\circ$ , yang merupakan jenis oksida besi fasa magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Pada material AA dan Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -AA muncul puncak lebar pada sudut  $20-30^\circ$  yang menunjukkan bahwa arang aktif berbentuk amorf, walaupun pada komposit intensitasnya relatif kecil. Selain itu, muncul pula puncak difraksi lain yang terlihat jelas pada sudut  $12,23^\circ$ ;  $24,82^\circ$  dan  $25,31^\circ$  yang diduga merupakan zat pengotor dan oksida-oksida logam yang berasal dari arang aktif kulit buah tarap.

### 3.4 Hasil Analisa *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM)

Momen kemagnetan atau sifat magnetik dapat diukur menggunakan alat *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) yang berfungsi untuk mengukur momen magnet dari magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Arang aktif kulit buah tarap. **Gambar 4** berikut adalah hasil karakterisasi yang diperoleh.



**Gambar 4.** Hasil Magnetisasi dari ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ - AA

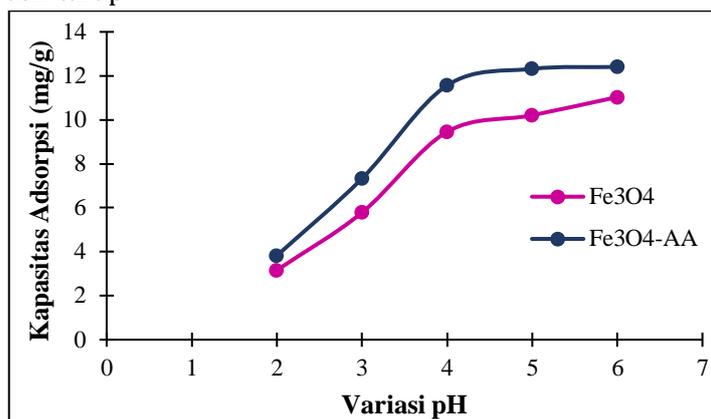
Berdasarkan hasil yang tercantum pada **Gambar 4**, pada adsorben  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  diperoleh nilai magnetisasi sebesar  $93,8 \text{ emu/g}$  dan pada adsorben  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -AA diperoleh nilai magnetisasi sebesar  $75,9 \text{ emu/g}$ , yang menandakan bahwa kedua adsorben memiliki sifat superparamagnetik, informasi ini dapat dilihat dari kurva yang dihasilkan merupakan kurva superparamagnetik.<sup>15</sup> Setelah  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dikompositkan dengan arang aktif kulit buah tarap bentuk kurva histerisis yang diperoleh tidak berubah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat sifat magnet dengan pola keteraturan superparamagnetik pada  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -AA, namun

nilai magnetisasi saturasinya menurun setelah  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dikompositkan dengan arang aktif kulit buah tarap. Hal ini dikarenakan terdapat fraksi non magnetik seperti arang aktif dalam komposit. Semakin tinggi fraksi non magnetik dalam komposit maka magnetisasi saturasi juga semakin turun.<sup>12</sup>

### 3.5 Adsorpsi Terhadap Logam Kadmium

#### 3.5.1. Penentuan pH Optimum

Uji Adsorpsi variasi pH dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk menentukan pH optimum dari adsorbat ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  yang diadsorpsi oleh  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$ . Gambar 5 berikut grafik pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi pada oleh  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Arang}$  aktif kulit buah tarap.

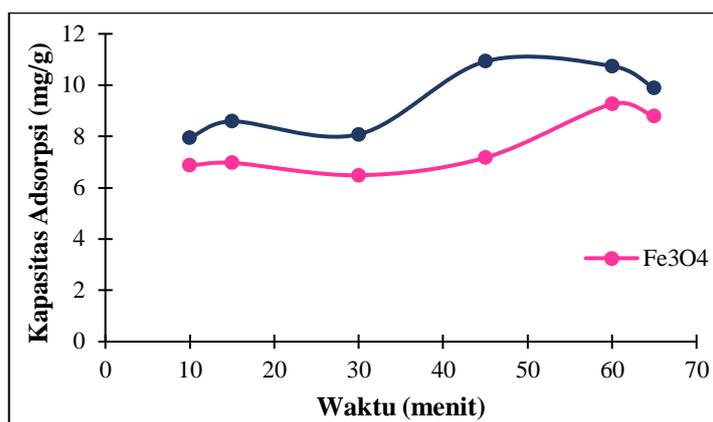


**Gambar 5.** Pengaruh Variasi pH terhadap jumlah ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  yang teradsorpsi oleh  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada **Gambar 5**, diperoleh pH optimum dari hasil proses adsorpsi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  menggunakan adsorben  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  pada pH 6 dengan kapasitas adsorpsi 11,032 mg/g dan pH optimum adsorben  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$  berada pada pH 5 dengan kapasitas adsorpsi 12,317 mg/g. Pada adsorben magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), pada pH 2 hingga 5 penyerapan yang dihasilkan tidak maksimal, hal ini disebabkan karena adanya kompetisi antara ion  $\text{Cd}^{2+}$  dengan ion  $\text{H}^+$  dalam memperebutkan tempat di permukaan adsorben sehingga jumlah ion  $\text{Cd}^{2+}$  yang diserap sedikit, hal ini menunjukkan pula bahwa seiring meningkatnya pH, ion  $\text{H}^+$  akan semakin berkurang sehingga menyebabkan ion  $\text{Cd}^{2+}$  yang diserap meningkat.<sup>13</sup> Begitu pula pada adsorben komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Arang}$  aktif kulit buah tarap pada pH 2 hingga 4 penyerapan yang dihasilkan kurang maksimal. Selain itu, adsorpsi ion  $\text{Cd}^{2+}$  tidak dilakukan pada pH basa karena ion  $\text{Cd}^{2+}$  terendapkan oleh ion  $\text{OH}^-$  sehingga penyerapan yang terjadi tidak maksimal.<sup>14</sup>

#### 3.5.2. Penentuan Waktu Optimum

Uji Adsorpsi variasi waktu dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu optimum dari adsorbat ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  yang diadsorpsi oleh  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$ . Gambar 6 berikut grafik pengaruh waktu terhadap kapasitas adsorpsi pada oleh  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$ .

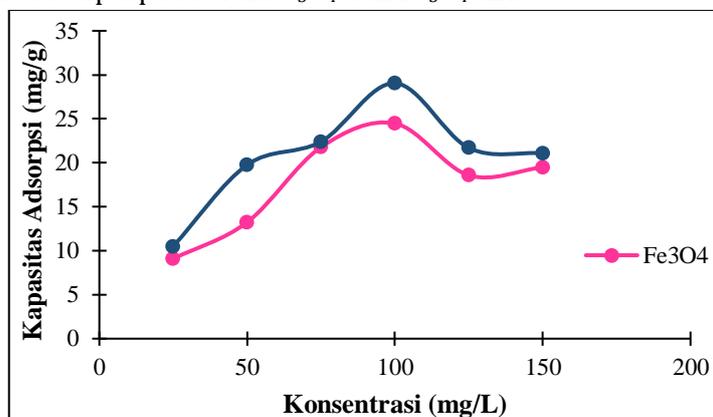


**Gambar 6.** Pengaruh Variasi Waktu terhadap jumlah ion logam Cd<sup>2+</sup> yang teradsorpsi oleh Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-AA

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada **Gambar 6**, pada adsorben Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-AA terjadi peningkatan konsentrasi hingga konsentrasi 100 mg/L dengan jumlah ion Cd<sup>2+</sup> teradsorpsi (q<sub>e</sub>) masing-masing 24,47 mg/g dan 29,05 mg/g. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi yang rendah situs aktif Berdasarkan hasil yang diperoleh pada **Gambar 6** diperoleh waktu optimum dari hasil proses adsorpsi ion logam Cd<sup>2+</sup> menggunakan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> berada pada waktu 60 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 9,26 mg/g dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-AA berada pada waktu 45 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 10,92 mg/g. Pada adsorben Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, dalam rentang waktu 10 hingga 60 menit jumlah ion Cd<sup>2+</sup> yang terjerap mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa seiring bertambahnya waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat, maka jumlah adsorbat yang berinteraksi dengan situs aktif adsorben akan semakin banyak hingga mencapai kesetimbangan.<sup>15</sup> Selanjutnya melewati menit ke-60, terjadi penurunan adsorpsi dikarenakan waktu kontak yang terlalu lama antara adsorben dengan adsorbat yang menyebabkan adsorbat terlepas kembali atau karena adsorben telah mencapai titik jenuhnya. Pada adsorben Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-AA dalam rentang waktu 10 hingga 30 menit mengalami kenaikan daya adsorpsi dan pada rentang waktu 60 hingga 80 menit terjadi penurunan kapasitas adsorpsi. Hal ini dikarenakan situs aktif dari adsorben belum terisi oleh ion Cd<sup>2+</sup> sehingga ion-ion Cd<sup>2+</sup> bisa terjerap dengan cepat dan penurunan kapasitas adsorpsi dikarenakan situs aktif telah terisi penuh oleh ion-ion Cd<sup>2+</sup> sehingga tidak dapat mengadsorpsi ion Cd<sup>2+</sup> lagi (sudah jenuh).<sup>13</sup>

### 3.5.3. Variasi Konsentrasi

Uji Adsorpsi variasi konsentrasi dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi terbaik dan dilakukan penentuan kapasitas adsorpsi maksimum menggunakan variasi konsentrasi. **Gambar 7** berikut adalah grafik pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi pada oleh Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-AA.



**Gambar 7.** Pengaruh Variasi Konsentrasi terhadap jumlah ion logam Cd<sup>2+</sup> yang teradsorpsi oleh Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-AA

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada **Gambar 7**, pada adsorben  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$  terjadi peningkatan konsentrasi hingga konsentrasi 100 mg/L dengan jumlah ion  $\text{Cd}^{2+}$  teradsorpsi ( $q_e$ ) masing-masing 24,47 mg/g dan 29,05 mg/g. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi yang rendah situs aktif sehingga proses adsorpsi masih terus mengalami kenaikan, sehingga semakin besar konsentrasi adsorbat maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorbat.<sup>13</sup> Pada konsentrasi 125 mg/L terjadi penurunan daya adsorpsi yang menandakan penyerapan oleh permukaan adsorben telah mencapai titik jenuh dan telah mencapai kesetimbangan. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$  memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih besar pada setiap variasi dibandingkan dengan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Hal ini disebabkan karena  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$  memiliki gabungan sifat dari material penyusunnya yaitu AA dan  $\text{Fe}_3\text{O}$  sehingga mempunyai kemampuan penyerapan yang lebih baik.<sup>14</sup>

#### 4. KESIMPULAN

Hasil karakterisasi menggunakan FT-IR pada  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  menunjukkan adanya gugus Fe-O dan pada  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$  menunjukkan adanya gugus gugus Fe-O dan -OH serta terdapat gugus C-O dari arang aktif. Pada analisa XRD diperoleh puncak difraksi yang tidak jauh berbeda dengan standar  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan struktur kristal yang halus dan tajam. Selanjutnya pada analisa VSM diperoleh hasil berupa kurva magnetisasi yang menunjukkan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$  bersifat superparamagnetik. Hasil kondisi optimum yang diperoleh adsorben  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yaitu terjadi pada pH 6 dengan waktu kontak 60 menit serta kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 23,3644 mg/g sedangkan pada adsorben  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$  diperoleh kondisi optimum pada pH 5 dengan waktu kontak 45 menit serta kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 26,4550 mg/g. Hasil uji penyerapan terhadap  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sebesar 95,042% dan pada  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$  sebesar 95,092%.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Sari, F.; Fitriyano, G.; Syamsudin; Redjeki, A. S.; Hadikusuma, H. Pengaruh pH dan Waktu Terhadap Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dengan Arang Aktif dari Gambas (*Luffa acutangula*) atau Oyong Kering. *jurnal konversi* **2022**, 11(1).
2. Pratomo, S. W.; Mahatmanti, F. W.; Sulistyaningsih, T. Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi  $\text{H}_3\text{PO}_4$  sebagai Adsorben Ion Logam Cd (II) dalam Larutan. *J. Chem. Sci* **2017**, 6(2). DOI: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>.
3. Farida, A.; Ariyani, S.; Erma S.; Kurniasari, N. L. Pemanfaatan Limbah Kulit Jagung (*Zea mays* L.) Sebagai Adsorben Logam Kadmium dalam Larutan. *Inovasi Teknik Kimia* **2019**, 4(2), 27–32.
4. Amalia, V.; Layyinah, F.; Zahara, F.; Eko, H. P. Potensi Pemanfaatan Arang Tulang Ayam Sebagai Adsorben Logam Berat Cu dan Cd. *Syawwal* **2017**, 4(1), 31–37.
5. Anisuzzaman, S. M.; Zahrim, A. Y.; Rajin, M.; Saalah, S.; Ismail, N. M.; Duraim, R.; Krishnaiah, D. Adsorption of Ammonium Ions Using Activated Carbon Derived from *Artocarpus odoratissimus* Skin. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* **2020**, 778(1). DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/778/1/012148>.
6. Hartono, M. R. H. S. *Pengenalan Teknik Komposit*. Deepublish, 2016. DOI: <https://books.google.co.id/books?id=GJaEDwAAQBAJ>.
7. Kustomo, & Santosa, S. J. (2019). Studi Kinetika dan Adsorpsi Zat Warna Kation (Metilen Biru) dan Anion (Metil Orange) pada Magnetit Terlapis Asam Humat. *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*, 1(2), 64–69. <https://doi.org/10.36873/jjms.v1i2.212>.
8. Lestari, I.; Prasetyo, E.; Gusti. Penggunaan Karbon Aktif Magnetit- $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Sebagai Penyerap Zat Warna Remazol Yellow. *Jurnal BiGME* **2021**, 1(1), 29–37.

9. Reknosari, E.; Wirawan, T.; Koesnarpadi, S. Adsorpsi Fenol Menggunakan Adsorben Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Arang Aktif Ampas Kopi. *Jurnal Atomik* **2021**, 6(2), 82–92.
10. Tebriani, S. Analisis Vibrating Sample Magnetometer (VSM) Pada Hasil Elektrodeposisi Lapisan Tipis Magnetite Menggunakan Aruscontinue Direct Current. *Natural Science Journal* **2019**, 5(1), 722–730.
11. Agustrya, N., Destriani, L., & Zaharah, T. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Kitosan Termobilisaisi Ditizon Terhadap Cd(II). *JKK* **2016**, 4(3), 73-78.
12. Skoog, D.; Holler, F.; Crouch, S. *Principle of Instrumental Analysis*, 7<sup>th</sup> ed.; Cengage Learning, 2016.
13. Maylani, A. S.; Sulistyaningsih, T.; Kusumastuti, E. Perparasi Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (Magnetit) Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium. *J. Chem. Sci* **2016**, 5(2). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>.
14. Widhianingrum, A. W.; Khoirun, N. U.; Andriyati, V.; Nugraheni. Penurunan Ion Logam Kadmium Menggunakan Biji Salak Sebagai Adsorben Pada Limbah Industri "X." *Jurnal Teknik Kimia* **2016**, 2(1), 84–87.
15. Ninu, Y. D.; Boy Baunsele, A.; Ninu, Y. D.; dan Baunsele, A. Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Biosorben Sabut Kelapa Teraktivasi Kalium Hidroksida. Teraktivasi Kalium Hidroksida. *SPIN-Jurnal Kimia & Pendidikan Kimia* **2023**, 5(1), 50–66. DOI: <https://doi.org/10.20414/spin.v5i1.6807>.
16. Bagherzadeh, M.; Aslibeiki, B.; Aرسالani, N. Preparation of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Vine Shoots Derived Activated Carbon Nanocomposite for Improved Removal of Cr (VI) from Aqueous Solutions. *Scientific Reports* **2023**, 13(1). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31015-x>.