

## PEMBUATAN ARANG AKTIF DAN KOMPOSIT $Fe_3O_4$ -ARANG AKTIF KULIT BUAH TARAP SEBAGAI ADSORBEN LOGAM KADMIUM

### ACTIVATED CHARCOAL AND $Fe_3O_4$ -ACTIVATED CHARCOAL COMPOSITE TARAP FRUIT PEEL AS CADMIUM METAL ADSORBENT

Windiy Mira Fradita, Soerja Koesnarpadi\*, Teguh Wirawan

Program Studi S1 Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman Jalan Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, 75123

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

#### Article History

Submitted : 08 July 2024

Accepted: 24 February 2025

#### ABSTRACT

Tarap (*Artocarpus odoratissimus* B.) is a species of the genus *Artocarpus* and belongs to the *Moraceae* family. In its use, fruit cores, skins, and leaves can become metal adsorbents. This research aims to determine the characteristics and adsorption capacity of tarap fruit skin, which can be an alternative to dealing with cadmium (Cd) metal pollution. Making activated charcoal adsorbent tarap fruit peel was carbonated at a temperature of 450°C for 1 hour and activated using 2 M HCl, while the  $Fe_3O_4$ -activated charcoal composite tarap fruit peel was made using the coprecipitation method from  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  and  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  with a mole ratio of 1:1 and then combined with tarap fruit peel activated charcoal to adsorb cadmium metal using the batch method, which is separated using an external magnet and analyzed using an Atomic Absorption Spectrophotometer. The results of FT-IR characterization on both adsorbents contained C-O and O-H groups and on the  $Fe_3O_4$ -activated charcoal composite of tarap fruit peel, there were Fe-O groups. The XRD difactogram shows that there is a  $Fe_3O_4$  diffraction pattern with relatively small intensity in the  $Fe_3O_4$ -activated charcoal composite of tarap fruit peel. The results of VSM analysis show that the  $Fe_3O_4$ -activated charcoal composite of tarap fruit peel is paramagnetic. The optimum conditions for the adsorption of cadmium metal on activated charcoal from tarap fruit peel were at pH 7 with a contact time of 60 minutes and on the  $Fe_3O_4$ -activated charcoal composite from tarap fruit peel at pH 6 with a contact time of 45 minutes. The maximum adsorption capacity of activated charcoal from tarap fruit peel is 11.1316 mg/g and for the  $Fe_3O_4$ -activated charcoal composite tarap fruit peel is 22.9510 mg/g.

**Keywords:** Adsorption, Activated Charcoal, Cadmium,  $Fe_3O_4$  Composite, Tarap Fruit Skin.

#### 1. PENDAHULUAN

Kalimantan merupakan salah satu pulau yang memiliki keberagaman hayati dengan kisaran 40% diantaranya bersifat endemik.<sup>1</sup> Famili *Moraceae* adalah salah satu kelompok tumbuhan yang mendominasi daerah tropis dan subtropis dengan tiga genus utama, yaitu *Morus*, *Ficus*, dan *Artocarpus*.<sup>2</sup> Tarap (*Artocarpus odoratissimus* B.) merupakan salah satu spesies dari genus *Artocarpus* dan termasuk ke dalam famili *Moraceae*. Masyarakat lokal banyak memanfaatkan buah Tarap sebagai bahan makanan<sup>1</sup>. Selain itu, inti buah, kulit buah, dan daun dapat dimanfaatkan menjadi biosorben atau adsorben logam.<sup>3</sup>

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](#) license.



Dalam industri cat, enamel, plastik, dan dalam elektrolisis banyak digunakan logam kadmium.<sup>4</sup> Keberadaan logam berat tersebut dapat mencemari lingkungan dan sangat berbahaya bagi makhluk hidup.<sup>5</sup> Sehingga

diperlukan alternatif untuk mengatasi pencemaran tersebut dengan metode adsorpsi. Kemampuan adsorpsi zat bergantung pada jenis adsorben yang digunakan. Salah satu adsorben dengan kemampuan adsorpsi yang tinggi dan reaktif adalah karbon aktif tetapi, biaya yang dikeluarkan relatif besar.<sup>6</sup>

Arang aktif menjadi adsorben yang sering digunakan dalam proses adsorpsi dengan daya adsorpsi yang tinggi mencapai sekitar 25-100% dari berat arang aktifnya.<sup>7</sup> Arang aktif merupakan senyawa karbon amorf yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau melalui perlakuan khusus pada arang untuk memperoleh permukaan yang lebih luas.<sup>8</sup> Dalam pemanfaatannya, arang aktif dapat digabungkan dengan adsorben lain seperti, magnetit sehingga menghasilkan suatu komposit baru dengan sifat baru, yaitu sifat magnet dan sifat adsorpsi.<sup>9</sup>

Komposit merupakan jenis material yang terbentuk dari gabungan dua atau lebih material yang berbeda sehingga dapat menghasilkan sifat yang lebih unggul dari bahan aslinya, seperti kekuatan struktur, stabilitas, serta sifat kimia dan fisika, serta tercipta material baru dengan kualitas yang lebih baik.<sup>10</sup> Adanya sifat magnet dalam komposisi dapat mempermudah proses pemisahan dalam air dengan memanfaatkan batangan magnet sederhana dan efisien dalam mengembalikan adsorben dari cairan limbah<sup>9</sup>. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan kemampuan kapasitas adsorpsi dari kulit buah tarap yang dapat menjadi alternatif dalam mengatasi pencemaran logam kadmium (Cd).

## 2. METODE

### 2.1 Alat dan Bahan

#### 2.1.1. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, neraca analitik, corong kaca, *magnetic stirrer*, corong *buchner*, pompa vakum VP 245, labu ukur, pH meter, *stopwatch*, bulp, ayakan 60 *mesh*, lumpang dan alu, desikator, corong pisah, klem, tiang statif, *hot plate*, seperangkat alat gelas, orbital *shaker* Kalstein YR 05765, *moisture balance* i-Thermo G163L, *furnace* Kalstein, dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) GBC XplorAA Dual SavantAA *Flame*.

#### 2.1.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu, kulit buah tarap (*Artocarpus odoratissimus* B.), aluminium foil, *plastic wrap*, akuades, padatan 3CdSO<sub>4</sub>.8H<sub>2</sub>O, FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaOH, HCl, NH<sub>4</sub>OH, dan kertas saring.

### 2.2 Prosedur Penelitian

#### 2.2.1. Preparasi Sampel

Kulit buah tarap dicuci bersih lalu dipotong kecil-kecil dan dikeringkan di bawah sinar matahari hingga kering. Setelah kering, dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 60 *mesh*.

#### 2.2.2. Pembuatan Arang Aktif Kulit Buah Tarap

Sampel serbuk kulit buah tarap dikarbonasi dalam *furnace* pada suhu 450°C selama 1 jam hingga terbentuk arang. Kemudian, didinginkan dan ditimbang. Selanjutnya, arang aktif direndam dengan 200 mL aktivator HCl 2 M selama 24 jam sambil di *stirrer* menggunakan *magnetic stirrer* hingga terbentuk arang aktif kulit buah tarap teraktivasi dan disaring menggunakan *buchner* sambil divakum. Lalu, arang aktif kulit buah tarap yang telah teraktivasi dicuci dengan akuades hingga pH yang sama dengan pH akuades dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 3 jam.

#### 2.2.3. Pembuatan Magnetit

Padatan FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O sebanyak 6 gram dilarutkan dalam akuades 100 mL. Padatan FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O sebanyak 5,8335 gram dilarutkan dalam 100 mL akuades panas dan ditambahkan beberapa tetes larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat hingga warna pada larutan menjadi lebih muda sambil dihomogenkan. Kemudian, kedua larutan dicampur sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dan ditambahkan 200 mL larutan NH<sub>4</sub>OH 25% tetes demi

tetes selama 3 jam dengan suhu 70°C (suhu dijaga). Campuran larutan disaring menggunakan corong *buchner* dan pompa vakum. Setelah itu, endapan yang diperoleh dicuci dengan akuades hingga pH filtrat sama dengan pH akuades. Magnetit dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 3 jam dan didinginkan dalam desikator selama 15 menit. Selanjutnya, magnetit digerus dan diayak menggunakan ayakan 60 *mesh*.<sup>9</sup>

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

Padatan  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  sebanyak 3 gram dilarutkan dalam akuades 100 mL. Padatan  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  sebanyak 2,9167 gram dilarutkan dalam 50 mL akuades panas dan ditambahkan beberapa tetes larutan  $H_2SO_4$  pekat hingga warna pada larutan menjadi lebih muda sambil dihomogenkan. Kemudian, kedua larutan dicampur sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Pada wadah lain, arang aktif kulit buah tarap sebanyak 10 gram dimasukkan ke dalam akuades sebanyak 100 mL dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* sambil dipanaskan dengan suhu 70°C. Selanjutnya, ditambahkan larutan campuran  $FeCl_3$  dan  $FeSO_4$  lalu ditambahkan 100 mL larutan  $NH_4OH$  25% tetes demi tetes selama 3 jam dengan suhu 70°C (suhu dijaga). Campuran larutan disaring menggunakan corong *Buchner* dan pompa vakum. Setelah itu, endapan yang diperoleh dicuci dengan akuades hingga pH filtrat sama dengan pH akuades. Komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 3 jam dan didinginkan dalam desikator selama 15 menit. Selanjutnya, komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap digerus dan diayak menggunakan ayakan 60 *mesh*.<sup>9</sup>

#### 2.2.5. Uji Karakterisasi Kadar Air dan Kadar Abu

Arang kulit buah tarap dan arang aktif kulit buah tarap ditimbang sebanyak 1 gram menggunakan *moisture balance* dengan suhu 105°C. Kemudian, diperoleh hasil kadar air (%).<sup>11</sup> Pada uji kadar abu, arang kulit buah tarap dan arang aktif kulit buah tarap dimasukkan ke dalam *furnace* pada suhu 815°C selama 3 jam. Kemudian, didinginkan selama 15 menit di dalam desikator dan ditimbang.<sup>12</sup>

#### 2.2.6. Penentuan Luas Permukaan Menggunakan *Methylene Blue*

Arang aktif kulit buah tarap dan komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap masing-masing sebanyak 10 mg dimasukkan ke dalam 50 mL larutan *methylene blue* 50 mg/L dan diaduk menggunakan *shaker* selama 30 menit. Kemudian, larutan dipisahkan dan filtrat diuji konsentrasi menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang maksimum.

#### 2.2.7. Uji Adsorpsi Terhadap Logam Kadmium Variasi Ph, Waktu dan Konsentrasi

Sebanyak 20 mg arang aktif kulit buah tarap dan komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap dimasukkan ke dalam 10 mL larutan kadmium 25 mg/L dengan masing-masing variasi pH sebesar 2, 3, 4, 5, 6 dan 7 selama 60 menit. Kemudian, pada variasi waktu digunakan pH optimum dan di *shaker* selama 10 menit, 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, 65 menit dan 80 menit lalu larutan dipisahkan. Dilakukan prosedur yang sama pada variasi konsentrasi dengan masing-masing konsentrasi sebesar 25; 50; 75, 100, 125, dan 150 mg/L pada pH optimum. Kemudian, di *shaker* dengan waktu optimum dan larutan dipisahkan. Filtrat diuji konsentrasi dengan Spektrofotometer Serapan Atom.

### 2.3 Analisis Data

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat dihitung kadar abu dari arang kulit buah tarap dan arang aktif kulit buah tarap dan luas permukaan adsorben arang aktif kulit buah tarap dan komposit  $Fe_3O_4$ -Arang Aktif Kulit Buah Tarap menggunakan *methylene blue* serta data pengaruh konsentrasi yang diperoleh dapat dihitung kapasitas adsorpsi menggunakan **Rumus 1-4** berikut.<sup>12</sup>

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} \times 100 \quad \text{Rumus 1}$$

Keterangan:

$m_1$  = Berat cawan kosong (gram)

$m_2$  = Berat cawan dengan adsorben awal (gram)

$m_3$  = Berat cawan dengan residu (gram)

$$Xm = \frac{v \times c}{w}$$

**Rumus 2**

$$\text{Luas Permukaan} = \frac{Xm \times N \times A}{Mr}$$

**Rumus 3**

Keterangan:

Xm = Kapasitas adsorpsi *methylene blue* (mg/g)

V = Volume larutan (L)

C = Konsentrasi *methylene blue* yang teradsoprsi (mg/L)

N = Bilangan Avogadro ( $6,02 \times 10^{23}$  molekul/mol)

A = Luas penampang *methylene blue* ( $197 \times 10^{-20}$  m<sup>2</sup>/molekul)

Mr = Massa relative zat *methylene blue* (g/mol)

W = Berat adsorben (g)

$$qe = \frac{(C_0 - C_e) V}{m}$$

**Rumus 4**

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)

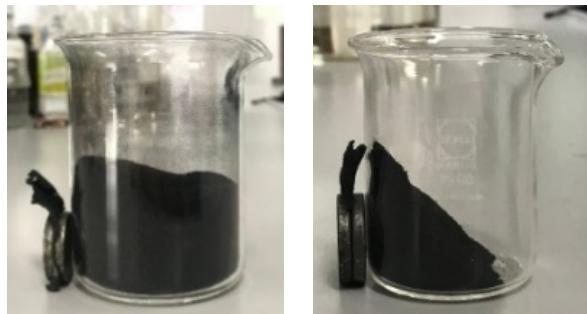
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pembuatan Arang Aktif Kulit Buah Tarap dan Aktivasinya

Kulit buah tarap dikarbonasi pada suhu 450°C selama 1 jam agar terbentuk karbon dimana material organik akan diubah menjadi arang dengan pemanasan tanpa oksigen dan senyawa-senyawa yang terdapat pada material akan terurai menjadi arang dengan kandungan karbon yang tinggi. Diperoleh arang kulit buah tarap berupa serbuk berwarna hitam sebanyak 86,98 gram dengan % rendemen sebesar 43,49%. Kemudian, di aktivasi menggunakan 200 mL aktivator HCl 2 M selama 1 jam. Aktivasi merupakan proses perubahan daya serap karbon dari rendah menjadi tinggi sehingga luas permukaan dan pori-pori akan meningkat.<sup>8</sup> Larutan HCl berfungsi untuk melarutkan zat-zat pengotor dan mengurangi terjadinya oksidasi pada karbon, mendegradasi molekul-molekul organik dan menghilangkan endapan hidrokarbon yang diperoleh selama proses karbonisasi, serta membentuk garam yang dapat berfungsi sebagai *dehydrating agent* karena HCl dapat mengikat mineral-mineral yang menempel pada pori-pori.<sup>13</sup> Diperoleh arang aktif kulit buah tarap berupa serbuk berwarna hitam sebagian 54,21 gram dengan % rendemen sebesar 62,32%.

#### 3.2 Pembuatan Adsorben Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Arang Aktif Kulit Buah Tarap

Pembuatan adsorben komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif kulit buah tarap bertujuan untuk menggabungkan sifat adsorpsi dari arang aktif kulit buah tarap dan sifat magnet dari Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Sehingga dapat memudahkan proses pemisahan antara adsorben dengan larutan logam. Pembuatan komposit dilakukan menggunakan metode kopresipitas dengan perbandingan mol 1:1 antara padatan FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O dan padatan FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O lalu ditambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk mencegah terjadinya oksidasi pada Fe<sup>2+</sup> menjadi Fe<sup>3+</sup>. Selanjutnya, dikombinasikan dengan 10 gram arang aktif kulit buah tarap dan ditambahkan NH<sub>4</sub>OH 25% untuk mengendapkan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> agar terpisah dari pengotornya sehingga serbuk Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dapat terbentuk. Berdasarkan pada **Gambar 1.** (a) arang aktif kulit buah tarap tidak tertarik medan magnet eksternal dan pada **Gambar 1.** (b) komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif kulit buah tarap tertarik oleh medan magnet eksternal.



(a) (b)

**Gambar 1.** (a) Arang aktif kulit buah tarap dan (b) Komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap.

### 3.3 Uji Karakterisasi Kadar Air dan Kadar Abu

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas arang aktif berdasarkan SNI 06-7370-1995. Karakterisasi arang aktif yang dilakukan yaitu kadar air untuk mengetahui banyaknya air yang menutupi pori-pori permukaan arang aktif dan kadar abu untuk mengetahui banyaknya sisa-sisa mineral yang terdapat pada arang aktif. Hasil karakterisasi dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Uji Karakterisasi Arang Aktif Kulit Buah Tarap

Uraian	Jenis	
	Arang Kulit Buah Tarap	Arang Aktif Kulit Buah Tarap
Kadar air	6,14%	4,05%
Kadar abu	25%	22%

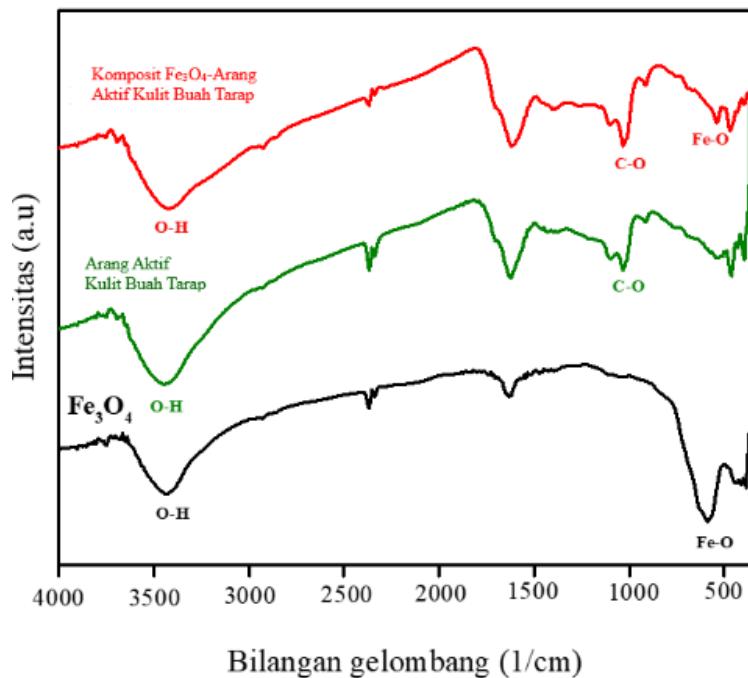
Berdasarkan pada **Tabel 1** diperoleh kadar air pada arang kulit buah tarap sebesar 6,14% dan pada arang aktif kulit buah tarap sebesar 4,05%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa arang aktif kulit buah tarap memiliki kadar air lebih kecil dibandingkan dengan arang kulit buah tarap karena masih banyak zat-zat pengotor yang menutupi pori-pori pada arang aktif. Sedangkan kadar abu yang diperoleh pada arang kulit buah tarap sebesar 25% dan pada arang aktif kulit buah tarap sebesar 22% menandakan bahwa air yang tertinggal dan menutupi pori arang aktif hanya sedikit sehingga pori-pori yang dihasilkan semakin besar dan luas permukaan semakin bertambah, serta kadar abu yang tinggi terjadi karena adanya proses oksidasi sehingga berpengaruh pada daya serap arang aktif dimana pori-pori akan tersumbat dan luas permukaan arang aktif berkurang. Pada Standar Nasional Indonesia (SNI) arang aktif yang baik memiliki kadar air kurang dari 15% dan kadar abu kurang dari 10%.

### 3.4 Hasil Analisa Fourier Transform Infrared (FT-IR)

Arang aktif kulit buah tarap dan komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang berada di dalamnya dengan bilangan gelombang yang sesuai. Hasil karakterisasi FT-IR dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Berdasarkan pada **Gambar 2** tersebut diketahui hasil spektrum bahwa pada adsorben arang aktif kulit buah tarap menunjukkan serapan melebar pada bilangan gelombang  $3448,72\text{ cm}^{-1}$  yang menandakan adanya gugus O-H. Selain itu, muncul serapan pada bilangan gelombang  $1103,28\text{ cm}^{-1}$  yang menandakan adanya gugus C-O. Pada adsorben magnetit ( $Fe_3O_4$ ) menunjukkan serapan melebar pada bilangan gelombang  $3441,01\text{ cm}^{-1}$  yang menandakan adanya gugus O-H dan muncul juga serapan pada bilangan gelombang  $586,36\text{ cm}^{-1}$  yang menandakan adanya gugus Fe-O. Pada adsorben komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap menunjukkan serapan melebar pada bilangan gelombang  $3425,58\text{ cm}^{-1}$  yang

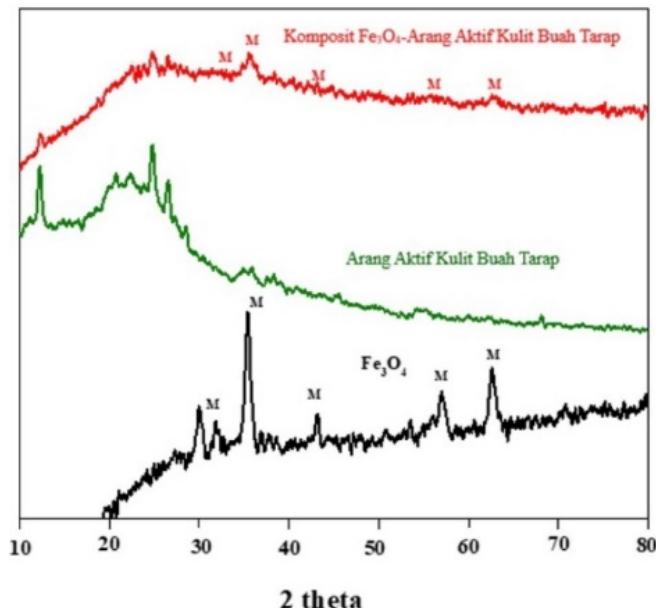
menandakan adanya gugus O-H dan muncul serapan pada bilangan gelombang  $1103,28\text{ cm}^{-1}$  yang menandakan adanya gugus C-O, serta muncul serapan pada bilangan gelombang  $540,07\text{ cm}^{-1}$  yang menandakan adanya gugus Fe-O. Sehingga dapat disimpulkan bahwa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  berhasil dikompositkan dengan arang aktif kulit buah tarap.



**Gambar 2.** Hasil spektrum FT-IR arang aktif kulit buah tarap, komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -arang aktif kulit buah tarap, dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

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

Analisis XRD dilakukan untuk mengetahui fasa kristal pada adsorben arang aktif kulit buah tarap dan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -arang aktif kulit buah tarap dimana hasil dapat dilihat pada **Gambar 3.**

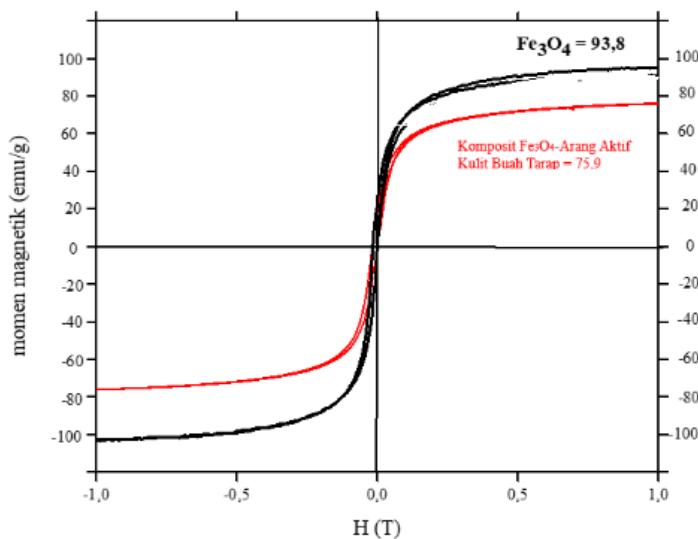


**Gambar 3.** Hasil identifikasi puncak difraksi XRD arang aktif kulit buah tarap,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , dan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -arang aktif kulit buah tarap (M= magnetite)

Berdasarkan pada **Gambar 3** dapat diketahui bahwa pada adsorben arang aktif kulit buah tarap terdapat puncak yang melebar menandakan adanya bentuk amorf yang terbentuk dan komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap terdapat pula puncak lebar dengan intensitas yang kecil serta muncul puncak-puncak difraksi pada sudut  $30,27^\circ$ ;  $35,28^\circ$ ;  $43,56^\circ$ ;  $57,46^\circ$  dan  $63,20^\circ$  yang menandakan bahwa adanya bentuk kristal dari adsorben  $Fe_3O_4$ . Berdasarkan pada JCPDS-ICDD No. 07-0322 sudut-sudut tersebut telah sesuai untuk oksida besi fasa magnetik  $Fe_3O_4$  dengan struktur kubik 2 theha yaitu, sudut  $30,42^\circ$ ;  $35,73^\circ$ ;  $43,45^\circ$ ;  $56,90^\circ$ ;  $62,90^\circ$ .<sup>15</sup>

### 3.6 Hasil Analisa Vibrating Sample Magnetometer (VSM)

Analisis VSM dilakukan untuk mengetahui kekuatan magnetik pada adsorben  $Fe_3O_4$  dan Komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap yang dapat dilihat pada **Gambar 4**.



**Gambar 4.** Grafik kekuatan magnetik dari magnetit ( $Fe_3O_4$ ) dan komposit  $Fe_3O_4$ -Arang aktif kulit buah tarap.

Berdasarkan pada gambar diatas dapat dilihat bahwa magnetit ( $Fe_3O_4$ ) dan komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap diukur pada rentang medan -1 sampai dengan 1 tesla pada suhu kamar. Pada adsorben magnetit ( $Fe_3O_4$ ) memiliki kekuatan magnetik jauh lebih besar dibandingkan dengan komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif. Nilai *coercivity* yang diperoleh pada kurva histerisis rendah atau mendekati nol sehingga dapat dikatakan  $Fe_3O_4$  dan komposit- $Fe_3O_4$  mempunyai kelakuan paramagnetik<sup>15</sup>. Nilai saturasi magnet pada adsorben magnetit ( $Fe_3O_4$ ) sebesar 93,8 emu/g dan pada adsorben komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif diperoleh nilai saturasi magnet sebesar 75,9 emu/g. Berdasarkan penelitian Fisli dkk. (2018), nilai saturasi magnet tersebut sudah melebihi batas nilai maksimum saturasi magnet yaitu sebesar 92 emu/g.<sup>15</sup> Sedangkan pada komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif terjadi penurunan nilai saturasi magnet yang disebabkan karena adanya kandungan lain dalam komposit seperti arang aktif dan terdapat kemungkinan bahwa  $Fe_3O_4$  teroksidasi saat proses pembuatan komposit.

### 3.7 Penentuan Luas Adsorben

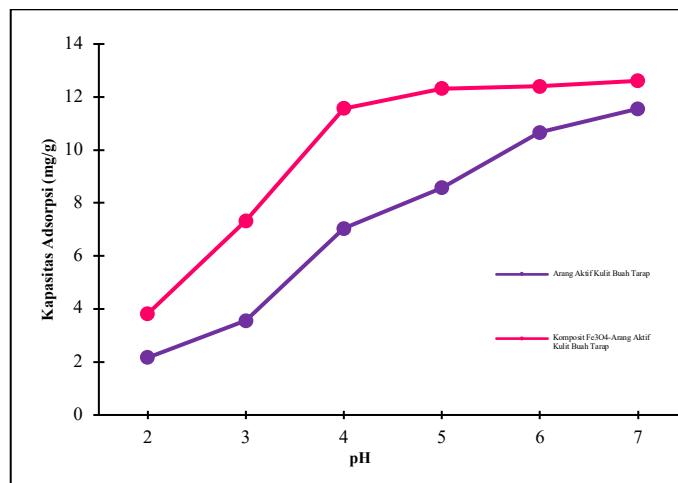
Pada penentuan luas permukaan adsorben menggunakan *methylene blue* untuk mengetahui kemampuan arang aktif kulit buah tarap dan komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap dalam menjerap adsorbat. Diperoleh luas permukaan arang aktif kulit buah tarap sebesar  $85,0320\text{ m}^2/\text{g}$ . Sedangkan luas permukaan komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap sebesar  $86,3937\text{ m}^2/\text{g}$ . Berdasarkan pada SNI 06-3730-1995 luas permukaan menggunakan *methylene blue* memiliki nilai standar minimum sebesar  $300\text{ m}^2/\text{g}$ . Pada adsorben arang aktif kulit buah tarap dan komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap tidak memenuhi SNI. Hal ini dapat disebabkan karena adanya kadar abu, kadar air atau kadar mineral yang tinggi pada permukaan adsorben. Selain itu, pori-pori yang terbentuk memiliki

ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan ukuran molekul *methylene blue* sehingga dapat disimpulkan bahwa arang aktif kulit buah tarap dan komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap tidak efektif untuk menjerap zat warna.<sup>9</sup>

### 3.8 Uji Adsorpsi Terhadap Logam Kadmium

#### 3.8.1. Variasi pH

Pada penelitian ini dilakukan uji adsorpsi dengan variasi pH untuk mengetahui pH optimum dari logam kadmium terhadap adsorben arang aktif kulit buah tarap dan komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap. Berikut grafik pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi pada arang aktif kulit buah tarap komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap ditunjukkan pada **Gambar 5**.

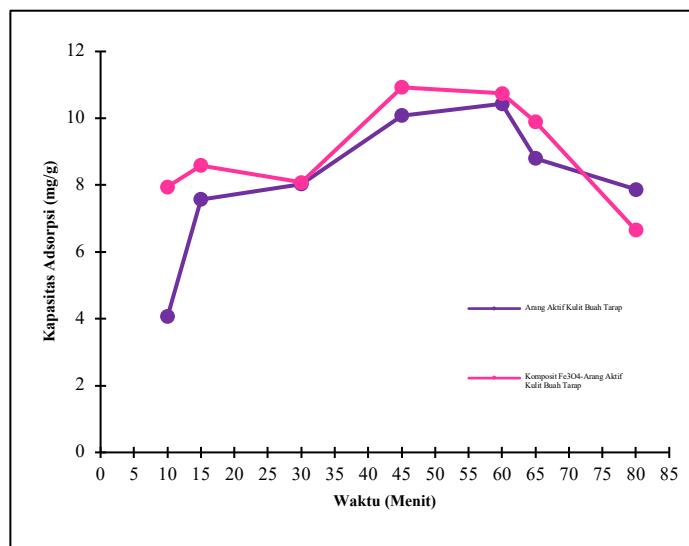


**Gambar 5.** Grafik variasi pH terhadap kapasitas adsorpsi

Berdasarkan pada gambar tersebut dapat diketahui bahwa pada adsorben arang aktif kulit buah tarap dan komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap didapatkan pH optimum pada kondisi basa. Hal ini menunjukkan bahwa arang aktif kulit buah tarap dapat berkerja dengan baik pada pH 7 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 11,5558 mg/g. Pada pH 7 tersebut antara ion  $H^+$  dan  $OH^-$  tidak terjadi persaingan yang dapat menghalangi logam kadmium untuk teradsorpsi oleh adsorben.<sup>18</sup> Sedangkan pada komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap dapat bekerja dengan baik pada pH 6 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 12,4060 mg/g. Pada pH 7 dimungkinkan terjadi pengikatan antara gugus aktif pada komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap dengan logam kadmium karena jumlah ion  $H^+$  yang lebih sedikit dan ion  $OH^-$  yang tidak berlebih.<sup>19</sup> Pada pH 2-7 adsorben komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap terjadi kenaikan kapasitas adsorpsi karena semakin tinggi pH maka kapasitas adsorpsi juga akan semakin meningkat. Tetapi, pada pH diatas 7 logam Cd(II) akan terhidroksidasi menjadi  $Cd(OH)_2$ .<sup>20</sup> Pada adsorben arang aktif kulit buah tarap pada pH 3 dimana adsorbat berada dalam kondisi asam dan memiliki ion  $H^+$  berlebih sehingga kemungkinan terjadi kompetisi antara ion  $H^+$  dengan ion  $Cd^{2+}$  yang mengakibatkan adsorben tidak mampu menyerap logam kadmium lebih banyak.<sup>21</sup> Selain itu, terdapat kemungkinan bahwa adanya ion  $H^+$  dan  $OH^-$  pada permukaan arang aktif menyebabkan kemampuan adsorpsi kurang stabil karena adanya perubahan pH asam ke basa sehingga kapasitas adsorpsi tidak lebih tinggi dibandingkan dengan komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif yang permukaannya tidak hanya didominasi oleh arang aktif tetapi, juga oleh magnetit.<sup>18</sup> Pada pH 8 dan seterusnya, dapat terjadi kenaikan kapasitas adsorpsi karena logam mengendap sehingga kenaikan adsorpsi yang diperoleh berasal dari endapan logam  $Cd^{2+}$  bukan dari penyerapan oleh adsorben. pH optimum pada kedua adsorben berbeda karena dapat dipengaruhi oleh beberapa hal salah satunya, jenis adsorben yang digunakan.<sup>19</sup>

### 3.8.2. Variasi Waktu

Pada penelitian ini dilakukan uji adsorpsi dengan variasi waktu untuk mengetahui waktu optimum dari logam kadmium terhadap adsorben arang aktif kulit buah tarap dan komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap. Berikut grafik pengaruh waktu terhadap kapasitas adsorpsi pada arang aktif kulit buah tarap dan komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap ditunjukkan pada **Gambar 6**.

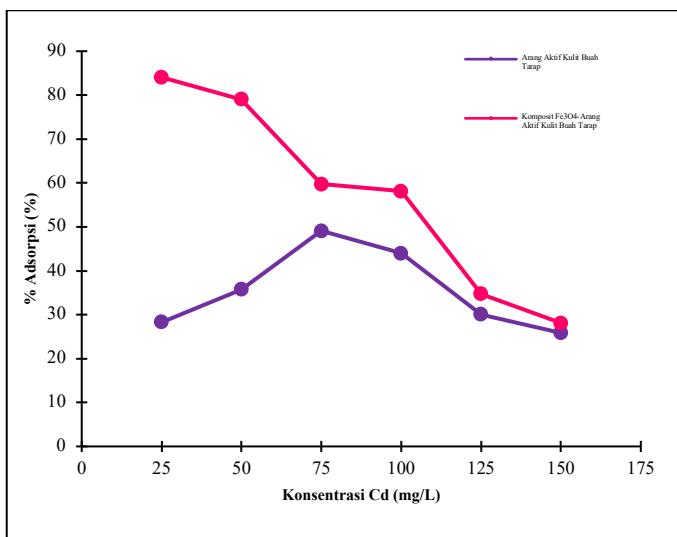


**Gambar 6.** Grafik variasi waktu terhadap kapasitas adsorpsi.

Berdasarkan pada gambar diatas dapat diketahui bahwa waktu optimum yang diperoleh pada adsorben arang aktif kulit buah tarap sebesar 60 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 10,4327 mg/g dimana dalam rentang waktu 10-45 menit terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi. Sedangkan pada adsorben komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap didapatkan waktu optimum 45 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 10,9251 mg/g. Pada rentang waktu 10-15 menit terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi dan pada waktu 60-80 menit terjadi penurunan kapasitas adsorpsi. Hal tersebut dapat terjadi karena ikatan antara adsorben dengan adsorbat yang lemah.<sup>22</sup> Penurunan kapasitas adsorpsi juga dimungkinkan karena tercapainya kesetimbangan adsorben dengan adsorbat sehingga adsorben mencapai keadaan jenuhnya.<sup>20</sup> Pada waktu kontak 30 menit terjadi penurunan kapasitas adsorpsi pada kedua adsorben dimana adsorben dan adsorbat kemungkinan mengalami desorpsi. Perbedaan waktu optimum pada kedua adsorben dapat disebabkan karena perbedaan gugus fungsi yang terdapat dalam adsorben. Gugus aktif pada komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap yang berikatan dengan adsorbat lebih banyak dibandingkan dengan arang aktif kulit buah tarap sehingga kapasitas adsorpsi pun semakin meningkat. Berdasarkan pada kapasitas adsorpsi yang diperoleh maka waktu optimum arang aktif kulit buah tarap sebesar 60 menit dan komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap sebesar 45 menit.

### 3.8.3. Variasi Konsentrasi

Pada penelitian ini dilakukan uji adsorpsi dengan variasi konsentrasi untuk mengetahui kemampuan adsorpsi dari logam kadmium terhadap adsorben arang aktif kulit buah tarap dan komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap. Berikut grafik pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi pada arang aktif kulit buah tarap komposit  $Fe_3O_4$ -arang aktif kulit buah tarap ditunjukkan pada **Gambar 7**.



**Gambar 7.** Grafik variasi konsentrasi terhadap % adsorbsi.

Berdasarkan pada gambar diatas dapat diketahui bahwa pada adsorben arang aktif kulit buah tarap dengan konsentrasi kadmium 75 mg/L memperoleh % adsorbsi yang paling tinggi sebesar 49,10% dan pada komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif kulit buah tarap dengan konsentrasi kadmium 25 mg/L memperoleh % adsorbsi yang paling tinggi sebesar 84,06%. Pada adsorben arang aktif kulit buah tarap dengan konsentrasi 25 mg/L dan 50 mg/L tidak terjadi kenaikan yang kemungkinan terjadi karena ikatan antara adsorben dan adsorbat yang lemah sehingga adsorben hanya mampu menjerap adsorbat dalam jumlah kecil sehingga pada konsentrasi tersebut kurang efektif dalam menyerap logam kadmium. Pada adsorben komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif kulit buah tarap terjadi penurunan setelah konsentrasi 25 mg/L dimana adsorben telah mengalami kejemuhan sehingga adsorben tidak dapat menjerap logam kadmium dengan maksimal. Semakin besar konsentrasi maka kapasitas adsorbsi juga akan semakin meningkat, tetapi jika permukaan adsorben mengalami kejemuhan maka adsorben dan adsorbat yang telah berikatan akan lepas kembali karena adsorbsi pada permukaan adsorben menjadi lemah.<sup>19</sup>

#### 4. KESIMPULAN

Hasil karakteristik kadar air dan kadar abu pada arang aktif kulit buah tarap sebesar 4,05% dan 22%, serta luas permukaan arang aktif kulit buah tarap sebesar 85,0320 m<sup>2</sup>/g dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif kulit buah tarap sebesar 86,3937 m<sup>2</sup>/g. Pada FT-IR teridentifikasi gugus O-H dan C-O serta adanya gugus Fe-O pada komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif kulit buah tarap. Pada XRD didapatkan hasil difaktogram komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif kulit buah tarap memiliki intensitas sudut yang tidak jauh berbeda dengan arang aktif kulit buah tarap dan pada pada VSM didapatkan bahwa komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif kulit buah tarap bersifat paramagnetik. Kondisi optimum yang diperoleh pada arang aktif kulit buah tarap terjadi pada pH 7 dengan waktu kontak 60 menit dan mengikuti isoterme Langmuir sedangkan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif kulit buah tarap yaitu terjadi pada pH 6 dengan waktu kontak 45 menit. Kapasitas maksimum adsorbsi yang diperoleh pada arang aktif kulit buah tarap sebesar 11,1316 mg/g dan pada komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif kulit buah tarap sebesar 22,9510 mg/g.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Magglin, C.; Fikriah, I.; Kosala, K.; Kuncoro, H. Acute Toxicity Assay from Seeds and Flesh of Tarap Fruit (*Artocarpus odoratissimus* Blanco) Ethanolic Extract against *Daphnia Magna* Larvae. *Journal of Tropical Pharmacy and Chemistry* **2020**, 5(2), 95–98.
2. Zakaria. *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*. Aceh: Sahifah, **2019**.
3. Alvarado, M. C. Marang Fruit (*Artocarpus odoratissimus*) Waste: A Promising Resource For Food and Diverse Applications: A Review of Its Current Status, Research Opportunities, And Future Prospects. *Food Bioengineering* **2023**, 1–10.

4. Istarani, F., dan Pendebesie, E. S. Studi Dampak Arsen (As) dan Kadmium (Cd) terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan. *Jurnal Teknik Pomits* **2014**, 3(1), 53-58.
5. Picauli, S. Analisa Kadar Logam Kadmium (Cd) Pada Udang Putih Yang Dijual Di Pasar Muara Angke Jakarta Utara. *JUSINDO: Jurnal Sehat Indonesia* **2021**, 3(1), 34-40.
6. Nitsae, M.; Solle, H. R. L.; Martinus, S. M.; Emola, I. J. Studi Adsorpsi Methylene Blue Terhadap Arang Aktif Tempurung Lontar (Borassus flabellifer L.) Asal Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Kimia Riset* **2021**, 6(1), 46-57.
7. Prihandini, F. A. Preparasi Arang Aktif Kulit Buah Sukun Untuk Menurunkan Bilangan Peroksida Dan Asam Lemak Bebas Pada Minyak Jelantah. In *Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi* **2021**.
8. Dewi, R.; Azhari, A.; Nofriadi, I. Aktivasi Karbon Dari Kulit Pinang Dengan Menggunakan Aktivator Kimia KOH. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* **2020**, 9(2), 12-20.
9. Reknosari, E.; Wirawan, T.; Koesnarpadi, S. Adsorpsi Fenol Menggunakan Adsorben Komposit  $Fe_3O_4$ -Arang Aktif Ampas Kopi, *Jurnal Atomik* **2021**, 6(2), 82-89.
10. Fisli, A.; Safitri, R. D.; Nurhasni.; Deswita. Analisis Struktur Dan Porositas Komposit  $Fe_3O_4$ -Karbon Aktif Dari Limbah Kertas Sebagai Adsorben Magnetik. *Jurnal Sains Materi Indonesia* **2018**, 19(4), 179-187.
11. Kristianti, V. N. Potensi Arang Aktif Dari Tongkol Jagung (*Zea mays*) Sebagai Adsorben Pada Air Sumur Bor. In *Skripsi Fakultas Teknobiologi* **2022**.
12. Laos, L. E., dan Selan, A. Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika* **2016**, 1(1), 32-36.
13. Wulandari, D. D. Pembuatan Komposit  $Fe_3O_4$ -Arang Aktif Kulit Singkong (*Manihot esculenta* C.) Sebagai Adsorben Zat Warna Methylene Blue. In *Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam* **2023**.
14. Sari, M. I.; Markasiwi, M. G.; Putri, R. W. Uji Karakteristik Fisik Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Daun Nanas (*Ananas comosus*) Menggunakan Aktivator  $H_3PO_4$ . *Jurnal Teknik Patra Akademika* **2021**, 12(2), 4-11.
15. Fisli, A.; Safitri, R. D.; Nurhasni.; Deswita. Analisis Struktur Dan Porositas Komposit  $Fe_3O_4$ -Karbon Aktif Dari Limbah Kertas Sebagai Adsorben Magnetik. *Jurnal Sains Materi Indonesia* **2018**, 19(4), 179-187.
16. Sartika, D. Sifat Magnetik Adsorben Nanopartikel  $Fe_3O_4$  Terhadap Adsorpsi Logam Berat (CO dan Fe) Dalam Larutan. *Seminar Nasional Pendidikan* **2016**, 1, 631-641.
17. Amalia, V.; Nisa., A. R.; Hadisantoso, E. P. Tinjauan Nanokomposit Hidroksiapatit/( $Fe_3O_4$ ) Sebagai Adsorben Logam Berat Pada Air. *Gunung Djati Conference Series* **2022**, 7, 8-24.
18. Dirgayanti, D. S. Pembuatan Komposit  $Fe_3O_4$ -Arang Aktif Rak Telur Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Metilen Biru. In *Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam* **2020**.
19. Nafila, T. 1. Adsorpsi Logam Kadmium (Cd) Menggunakan Adsorben Ampas Teh Dengan Metode Celup. In *Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam* **2023**.
20. Kusumawardani, R.; Zaharah, T. A.; Destiarti, L. Adsorpsi Kadmium(II) Menggunakan Adsorben Selulosa Ampas Tebu Teraktivasi Asam Nitrat. *Jurnal Kimia Kharulistiwa* **2018**, 7(3), 75-83.
21. Saef, S. K.; Amalia, V.; Supriatna, A. M. Adsorpsi Ion Logam Cd(II) oleh Selulosa Limbah Sabut Kelapa sebagai Adsorben Berbiaya Murah. *Gunung Djati Conference Series* **2022**, 15, 60-68.
22. Arifiyana, D., dan Wardani, R. K. Adsorpsi Logam Kadmium dalam Limbah Cair Buatan Menggunakan Biosorben Kulit Pisang Mas (*Musa acuminate colla*). *Journal of Science and Technology* **2021**, 14(3), 360-366.