

## ADSORPSI FENOL MENGGUNAKAN ADSORBEN KOMPOSIT $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ARANG AKTIF AMPAS KOPI

### PHENOL ADSORPTION USING COMPOSITE ADSORBENT $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ACTIVATED CHARCOAL COFFEE GROUNDS

Elen Reknosari<sup>1\*</sup>, Teguh Wirawan<sup>2</sup>, Soerja Koesnarpadi<sup>3</sup>

Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman,  
Jalan Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia

\*Corresponding Author : ellenretno28@gmail.com

#### ABSTRACT

Phenol adsorption using composite adsorbent  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -activated charcoal coffee grounds has been done. Composite adsorbent  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -activated charcoal coffee grounds are synthesized from  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  with a ratio of 3: 2 and then compiled with activated coffee charcoal. The composite adsorbent  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -activated coffee charcoal was characterized by Fourier Transform Infrared (FTIR) and Scanning Electron Microscopy (SEM) as well as the adsorption test on phenol. The results of the characterization with Fourier Transform Infrared (FTIR), peak  $1604.77 \text{ cm}^{-1}$  appeared showing the absorption of C=O which states that coffee grounds have formed carbon. Beside that,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -activated charcoal composite adsorbent peaks appear at a wavelength of  $509.21 \text{ cm}^{-1}$  which is a Fe-O group showing that  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles have been successfully grafted on the active charcoal structure. The optimum conditions of phenol adsorption using adsorbent composite  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -activated coffee grounds at 30 minutes contact time and pH 5.

**Keywords:** Adsorption, Phenol, Magnetite, Active Charcoal, Coffee Grounds.

#### PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai produsen dan eksportir kopi di dunia. Berdasarkan data FAO, rata-rata produksi dan ekspor kopi Indonesia dari tahun 2012-2016 sebesar 683,64 dan 601,38 ribu ton per tahun, terbesar keempat setelah Brazil, Vietnam, dan Kolombia [1]. Ampas kopi memiliki kandungan hidrokarbon cukup tinggi sekitar 19,9% sehingga dapat digunakan sebagai arang aktif. Arang aktif ampas kopi dapat digunakan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi senyawa fenol [2]. Fenol merupakan jenis senyawa yang mengakibatkan pencemaran, bersifat beracun, korosif dan dapat menyebabkan gangguan kesehatan manusia [3]. Konsentrasi limbah fenol yang ditoleransi untuk limbah migas adalah 2,0 mg/L [4].

Adsorpsi merupakan suatu proses penjerapan pada permukaan zat terhadap zat tertentu karena adanya gaya tarik molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap, dimana sifat-sifat senyawa akan mengalami perubahan karena interaksi tersebut. Adsorpsi yang terjadi antara adsorbat dengan adsorben dapat dibedakan menjadi 2 yaitu adsorpsi kimia (*chemisorption*) dan adsorpsi fisika (*physisorption*) [5].

Komposit ialah material baru yang terbuat dari dua atau lebih material berbeda yang bila

digabungkan memiliki sifat yang lebih baik dari material asli. Bahan komposit bertujuan untuk meningkatkan sifat individu bahan seperti kekuatan, struktur, stabilitas sifat baik kimia dan fisika sehingga diperoleh bahan baru yang memiliki kualitas yang lebih baik [6]. Penggabungan adsorben arang aktif dengan nanopartikel magnet menghasilkan bahan komposit baru yang mempunyai dua sifat yaitu sifat adsorpsi dan sifat magnet. Sifat magnet ini dimanfaatkan dalam proses pemisahan partikel komposit dalam air dengan menggunakan batang magnet sederhana sehingga pemisahan dapat dilakukan dengan mudah, sederhana, cepat dan efisien dalam mengambil kembali adsorben dari cairan limbah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik adsorben komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Arang aktif ampas kopi memanfaatkan ampas untuk mengadsorpsi senyawa fenol.

#### METODOLOGI PENELITIAN

##### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu neraca analitik, gelas kimia, spatula, batang pengaduk, corong *Buchner*, corong kaca, oven, *magnetic stirrer*, labu ukur, pH meter, *stopwatch*, cawan porselen, *bulp*, pipet volume, pipet ukur,

ayakan 100 mesh, tanur, buret, statif, klem, desikator, labu Erlenmeyer, *shaker*, spektrofotometer UV-Vis tipe Evolusion 201, FTIR-8201 PC dan SEM JEOL SSM-6510 LA.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bubuk kopi robusta, aquades, aluminium foil, fenol, metilen biru, aminoantipirin, KI,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,  $\text{KIO}_3$ , amilum, Larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  25%, Larutan  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , larutan HCl, kertas saring dan *tissue*.

## Prosedur Penelitian

### Preparasi Ampas Kopi

Bubuk kopi diseduh dengan aquades panas selama 10 menit dan disaring. Kemudian ampas kopi yang diperoleh dicuci dengan air hingga hasil air cucian ampas kopi menjadi bening. Setelah itu, ampas kopi yang telah dicuci kemudian dikeringkan dalam oven selama 3 jam pada suhu  $100^\circ\text{C}$ . Kemudian didinginkan, ditimbang [7].

### Pembuatan Arang Aktif Ampas Kopi

#### Aktivasi Secara Fisika

Ampas kopi sebanyak 170,55 gram dikarbonisasi dalam tanur pada suhu  $500^\circ\text{C}$  selama 45 menit hingga terbentuk arang. Selanjutnya didinginkan, diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Kemudian ditimbang dan dihitung rendemennya [7].

#### Aktivasi Secara Kimia

Arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika sebanyak 30,52 gram direndam dengan larutan aktivator HCl 2 M sebanyak 250 mL selama 24 jam, disaring. Selanjutnya dicuci arang aktif dengan aquades hingga pH sama dengan pH aquades dan dikeringkan dalam oven pada suhu  $100^\circ\text{C}$  selama 4 jam.

### Pembuatan Adsorben Magnetit

#### Pembuatan $\text{Fe}_3\text{O}_4$

Sebanyak 6 gram  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dan 4 gram  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (rasio massa 3:2) dilarutkan masing-masing dalam 50 mL aquades. Selanjutnya dicampur kedua larutan tersebut dan diaduk dengan *magnetic stirrer* sampai larutan terlihat jernih sambil dipanaskan pada suhu  $70^\circ\text{C}$  lalu ditambahkan 100 mL  $\text{NH}_4\text{OH}$  25% tetes demi tetes (dijaga suhu  $70^\circ\text{C}$  selama 3 jam). Kemudian disaring menggunakan corong *Buchner* dan pompa vakum. Endapan yang diperoleh dicuci hingga pH sama dengan pH aquades lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu  $100^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Didinginkan di dalam desikator 15 menit dan ditimbang [6].

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

Sebanyak 6 gram  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dan 4 gram  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (rasio massa 3:2) dilarutkan masing-masing dalam 50 mL aquades. Selanjutnya dicampur kedua larutan tersebut dan diaduk dengan *magnetic stirrer* sampai larutan terlihat jernih. Pada wadah lain sebanyak 20 gram arang aktif ampas kopi yang telah diaktivasi kimia dilarutkan dalam 200 mL aquades. Kemudian diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* sambil dipanaskan pada suhu  $70^\circ\text{C}$ . Selanjutnya ditambahkan larutan campuran (dengan perbandingan rasio 2:1). Setelah itu, ditambahkan 100 mL  $\text{NH}_4\text{OH}$  25% tetes demi tetes (dijaga suhu  $70^\circ\text{C}$  selama 3 jam). Kemudian disaring menggunakan corong *Buchner* dan pompa vakum. Selanjutnya endapan dicuci hingga pH sama dengan pH aquades lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu  $100^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Didinginkan dalam desikator 15 menit dan ditimbang [6].

### Uji Karakterisasi

#### Kadar Air

Sebanyak 1 gram arang aktif ampas kopi yang teraktivasi fisika dan kimia dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya. Kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu  $105^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator selama 15 menit, lalu ditimbang. Prosedur tersebut dilakukan secara berulang-ulang hingga mendapatkan berat konstan [8].

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \quad (1)$$

#### Kadar Abu

Sebanyak 1 gram arang aktif ampas kopi yang teraktivasi fisika dan kimia, dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya. Kemudian dipanaskan dalam tanur pada suhu  $500^\circ\text{C}$  selama  $\pm 4$  jam hingga terbentuk abu. Selanjutnya didinginkan dalam desikator selama 15 menit, lalu ditimbang [8].

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{berat abu total}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \quad (2)$$

#### Volatile Matter

Tanur diatur suhunya pada  $950^\circ\text{C}$ . Selanjutnya ditimbang arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika dan kimia sebanyak 1 gram, dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya. Kemudian cawan dimasukkan ke dalam tanur selama 2 menit.

Selanjutnya didinginkan dalam desikator lalu ditimbang. Kadar *volatile matter* dihitung dengan menggunakan rumus: [9].

$$\% \text{ VM} = \left( \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\% \right) - \% \text{ IM} \quad (3)$$

Keterangan :

- % IM = Kadar Air (%)
- W<sub>1</sub> = Berat cawan kosong (gram)
- W<sub>2</sub> = Berat cawan + sampel awal (gram)
- W<sub>3</sub> = Berat cawan + sampel akhir (gram)

### Daya Serap Terhadap Iodium

Sebanyak 0,5 gram arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika dan kimia, dilarutkan dalam 25 mL larutan I<sub>2</sub> 0,1 N, kemudian diaduk selama 15 menit menggunakan *magnetic stirrer* dan didiamkan beberapa saat lalu disaring. Selanjutnya diambil 10 mL filtrat, dititrasikan dengan menggunakan larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1 N hingga larutan berwarna kuning muda. Ditambahkan indikator amilum 1% dan dititrasikan kembali hingga warna biru hilang. Dicatat volume titrasi dan dihitung daya serap terhadap iodium menggunakan persamaan berikut: [8].

$$\text{Bilangan iod} = \frac{25}{10} \times \frac{(V \text{ blanko} - V \text{ titrasi}) \times \text{BE I}_2 \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{\text{massa adsorben}} \quad (4)$$

Keterangan :

- V blanko = Volume titrasi blanko (mL)
- V titrasi = Volume titrasi sampel (mL)
- BE I<sub>2</sub> = Berat Jenis I<sub>2</sub> (126,91)
- N = Normalitas Natrium Tiosulfat (0,1 N)

### Luas Permukaan Metilen Biru

Penentuan luas permukaan metilen biru dilakukan dengan cara mengukur panjang gelombang maksimum larutan metilen biru dengan konsentrasi 4 mg/L pada *range* 400-700 nm. Selanjutnya dibuat kurva standar larutan metilen biru dengan konsentrasi 0,5; 1; 2; 3 dan 4 mg/L dan diukur adsorbansinya pada panjang gelombang maksimum metilen biru. Sebanyak 0,1 gram arang aktif ampas kopi dimasukkan dalam 40 mL larutan metilen biru 50 mg/L dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 50 menit, kemudian disaring dan filtrat yang diperoleh diukur adsorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum metilen biru. Luas permukaan metilen biru dihitung menggunakan persamaan berikut: [8].

$$X_m = \frac{V}{1000} \times C \quad (5)$$

$$\text{Luas permukaan} = \frac{X_m \times N \times A}{M_r} \quad (6)$$

Keterangan :

- X<sub>m</sub> = Kapasitas adsorpsi metilen biru (mg/g)
- V = Volume larutan (mL)
- C = Konsentrasi metilen biru yang teradsorpsi (mg/L)
- N = Bilangan avogadro (6,02 × 10<sup>23</sup> molekul/mol)
- A = Luas penampang metilen biru (197 × 10<sup>-20</sup> m<sup>2</sup>/molekul)
- M<sub>r</sub> = Massa relatif metilen biru (g/mol)

### Uji Adsorpsi

#### Penentuan pH Optimum

Sebanyak 0,1 gram arang aktif ampas kopi aktivasi kimia dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif ampas kopi dimasukkan ke dalam 25 mL larutan fenol 25 mg/L yang telah diatur pH nya menjadi 1. Kemudian diaduk menggunakan *shaker* selama 15 menit dan disaring. Filtrat yang diperoleh ditambahkan 2,5 mL larutan NH<sub>4</sub>OH 0,5 M. Selanjutnya ditambahkan larutan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% hingga pH 7,9 ± 0,1 lalu ditambahkan 1 mL larutan aminoantipirin 0,01 M sambil diaduk. Kemudian ditambahkan 1 mL larutan K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> 0,1 M dan diaduk. Setelah itu didiamkan 15 menit, lalu diukur adsorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 507 nm. Dilakukan hal yang sama untuk pH 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan 8.

#### Penentuan Waktu Kontak Optimum

Sebanyak 0,1 gram arang aktif ampas kopi aktivasi kimia dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif ampas kopi dimasukkan ke dalam 25 mL larutan fenol 25 mg/L. Kemudian diaduk menggunakan *shaker* selama 15 menit dan disaring. Filtrat yang diperoleh ditambahkan 2,5 mL larutan NH<sub>4</sub>OH 0,5 M. Selanjutnya ditambahkan larutan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% hingga pH 7,9 ± 0,1 lalu ditambahkan 1 mL larutan aminoantipirin 0,01 M sambil diaduk. Kemudian ditambahkan 1 mL larutan K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> 0,1 M dan diaduk. Setelah itu didiamkan selama 15 menit lalu diukur adsorbansinya menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 507 nm. Dilakukan hal yang sama untuk waktu kontak 5, 10, 15, 20, 30, 60, 90 dan 120 menit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembuatan Arang Aktif dari Ampas Kopi

Arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika dibuat dari ampas kopi robusta yang dikarbonisasi pada suhu 500°C selama 45 menit, diperoleh arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika berbentuk serbuk berwarna hitam dengan % rendemen sebesar 23,87%. Selanjutnya dari arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika dibuat arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia dengan menggunakan larutan aktivator HCl, diperoleh arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia berbentuk serbuk berwarna hitam dengan % rendemennya sebesar 98,29%. Proses aktivasi ini dilakukan untuk memperbesar luas permukaan dan pori-pori arang aktif sehingga tingkat adsorpsi terhadap analit akan semakin tinggi dikarenakan

HCl berperan sebagai *activating agent* yang akan mempengaruhi dekomposisi porolisis dan mengikat senyawa tar sisa karbonisasi keluar dari mikropori arang sehingga permukaannya semakin *porous* [10].

### Uji Karakterisasi Arang Aktif Ampas Kopi

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika dan kimia yang bertujuan untuk mengetahui kualitas dari arang aktif ampas kopi dan untuk mengetahui kemampuan arang aktif ampas kopi sehingga dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Berikut merupakan hasil penentuan karakterisasi dari arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika dan kimia didasarkan SNI 06-3730-1995 seperti pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Uji Karakterisasi Arang Aktif Ampas Kopi

Parameter	SNI 06-3730-1995	Jenis Arang Aktif	
		Aktivasi Fisika	Aktivasi Kimia
Kadar Air	Maksimal 15%	6,29%	5,64%
Kadar Abu	Maksimal 10%	3,12%	1,32%
<i>Volatile Matter</i>	Maksimal 25%	17,58%	17,34%
Daya Serap Iod	Minimal 750 mg/g	194,07 mg/g	290,29 mg/g
Luas Permukaan Metilen Biru	Minimal 300 m <sup>2</sup> /g	68,48 m <sup>2</sup> /g	71,55 m <sup>2</sup> /g

Pengujian arang aktif ampas kopi terhadap kadar air yaitu untuk mengetahui banyaknya air yang menutupi pori-pori arang aktif. Hasil pengujian kadar air pada arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika dan kimia masing-masing memperoleh hasil sebesar 6,29% dan 5,64%. Nilai tersebut memenuhi standar SNI 06-3730-1995 dengan kadar air dibawah 15%. Jika semakin banyak kadar air yang dihasilkan maka akan menghambat daya serap adsorben terhadap adsorbat karena pori-pori adsorben banyak mengandung air sehingga adsorben tersebut memiliki sifat adsorpsi yang kurang baik.

Pengujian arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika dan kimia terhadap kadar abu yaitu untuk mengetahui banyaknya sisa-sisa mineral yang terdapat pada arang aktif. Hasil pengujian kadar abu pada arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika dan kimia memperoleh hasil masing-masing sebesar 3,12% dan 1,32%. Nilai tersebut memenuhi standar SNI 06-3730-1995 dengan kadar abu di bawah 10%, karena jika semakin banyak kadar abu yang terdapat pada arang aktif maka akan menyebabkan penyumbatan pori-pori adsorben karena adanya mineral-mineral yang masih tersisa sehingga dapat mempengaruhi daya serap adsorben terhadap adsorbat.

Pengujian arang aktif ampas kopi terhadap kadar *volatile matter* yaitu untuk mengukur kandungan senyawa yang belum menguap saat dilakukannya proses karbonisasi pada arang aktif. Hasil pengujian kadar *volatile matter* pada arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika dan kimia masing-masing memperoleh hasil sebesar 17,58% dan 17,34%. Nilai tersebut memenuhi standar SNI 06-3730-1995 dengan kadar abu di bawah 25%, karena jika kadar *volatile matter* memiliki nilai yang tinggi maka mempengaruhi daya serap arang aktif, hal ini dikarenakan masih terdapat senyawa-senyawa non karbon seperti CO, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> pada pori-pori arang aktif yang tidak hilang pada saat proses karbonisasi sehingga adsorben tersebut memiliki sifat adsorpsi yang kurang baik.

Pengujian arang aktif ampas kopi terhadap daya serap iodium yaitu untuk mengetahui kemampuan arang aktif dalam menyerap adsorbat berukuran molekul kecil bekisar 1 nm. Hasil pengujian daya serap terhadap I<sub>2</sub> pada arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika dan kimia memperoleh hasil sebesar 194,07 mg/g dan 290,29 mg/g. Nilai tersebut tidak memenuhi standar karena berada dibawah nilai SNI 06-3730-1995 minimalnya yaitu 750 mg/g. Hal ini dikarenakan sebagian besar pori arang aktif masih tertutup oleh hidrokarbon dan

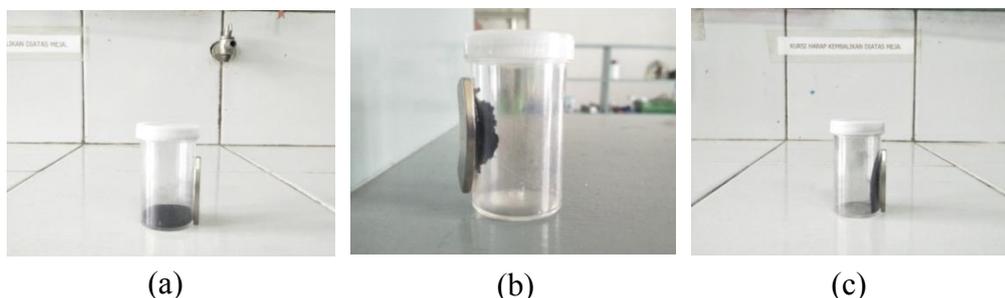
komponen lain seperti air, abu, nitrogen dan sulfur yang menghambat daya serapnya. tingginya daya serap arang aktif terhadap iodium menunjukkan semakin banyak mikropori dari arang aktif yang terbentuk sehingga semakin baik arang aktif tersebut dalam menyerap adsorbat berukuran molekul kecil [11].

Pengujian arang aktif ampas kopi terhadap luas permukaan terhadap metilen biru yaitu untuk mengetahui kemampuan arang aktif dalam menyerap adsorbat dengan ukuran molekul besar bekisar 1,5-2,5 nm. Hasil pengujian luas permukaan metilen biru pada arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika dan kimia diperoleh hasil masing-masing sebesar 68,48 m<sup>2</sup>/g dan 71,44 m<sup>2</sup>/g. Nilai tersebut tidak memenuhi standar karena dibawah nilai SNI 06-3730-1995 minimalnya 300 m<sup>2</sup>/g. Hal ini dikarenakan sebagian besar pori yang terbentuk di permukaan arang aktif mempunyai ukuran yang lebih kecil daripada ukuran molekul metilen biru Hasil karakterisasi arang aktif terhadap luas permukaan menggunakan metilen biru yang tidak memenuhi SNI menunjukan bahwa arang aktif tidak efektif bila digunakan sebagai penjerap warna [12].

Berdasarkan hasil karakterisasi *volatile matter*, arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan arang aktif teraktivasi kimia, ini disebabkan karena pori-pori pada arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika masih terdapat senyawa-senyawa tar sisa ketika proses karbonisasi berlangsung. Selanjutnya digunakan arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia untuk dilanjutkan pada proses pembuatan komposit dengan nanopartikel magnet Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> karena memiliki nilai kadar air, abu, *volatil matter* yang lebih rendah dibandingkan arang aktif teraktivasi fisika.

### Pembuatan Adsorben Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Arang Aktif Ampas Kopi

Nanopartikel magnet Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dibuat dengan menggabungkan antara FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O dengan FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (rasio massa 3:2) dan ditambahkan NH<sub>4</sub>OH 25% hingga pH mencapai 12. Penambahan NH<sub>4</sub>OH berfungsi untuk mengendapkan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> agar terpisah dari zat pengotornya dan terbentuk serbuk Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> berwarna hitam dengan % rendemen sebesar 51,39%. Selanjutnya dilakukan penggabungan arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia dengan nanopartikel magnet Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (rasio 2:1) dan terbentuk komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Arang aktif ampas kopi berwarna hitam dengan % rendemennya sebesar 77,99%. Penambahan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> pada arang aktif bertujuan untuk mempermudah dalam proses pemisahan adsorben dari larutan limbah, menunjukkan bahwa untuk mempermudah proses pemisahan adsorben dari cairan limbah maka dilakukan penggabungan arang aktif dengan nanopartikel magnet Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> sehingga adsorben dapat diambil kembali menggunakan batangan magnet eksternal [6]. Gambar 1 berikut adalah gambaran fisik dari arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia, magnetit dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Arang aktif ampas kopi. Secara fisik bentuk ketiga adsorben tersebut sama-sama berwarna hitam. Akan tetapi terdapat perbedaan jika dilihat dari sifat kemagnetannya, ketika adsorben didekatkan oleh agen magnet eksternal, arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia tidak menunjukkan adanya sifat magnet, magnetit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> menunjukkan adanya sifat magnet yang sangat kuat sedangkan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif ampas kopi memiliki sifat magnet. Hal ini menunjukkan bahwa Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> telah berhasil di komposit dengan arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia.

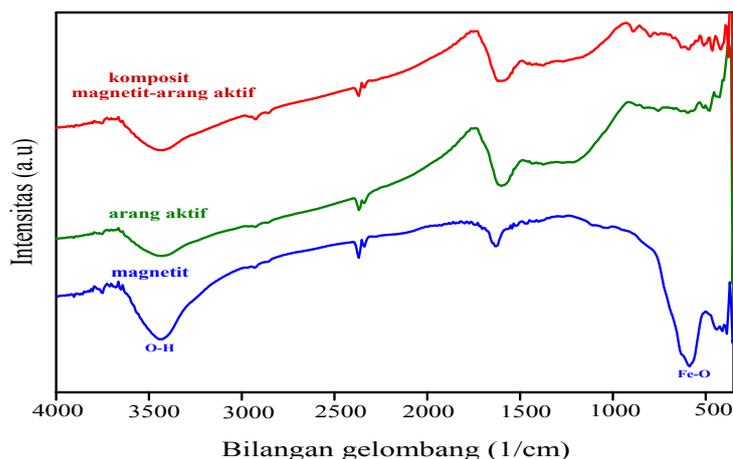


Gambar 1. Arang Aktif Ampas Kopi (a). Magnetit (b). Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Arang Aktif Ampas Kopi (c).

### Hasil Analisa Frourier Transform Infrared (FT-IR)

Arang aktif teraktivasi kimia, magnetit dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Arang aktif ampas kopi

dikarakterisasi menggunakan instrumen FTIR yang berfungsi untuk menentukan gugus fungsi dengan bilangan gelombang yang sesuai. Berikut merupakan hasil analisa FTIR pada Gambar 2



**Gambar 2.** Spektra FTIR arang aktif ampas kopi, magnetit dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Arang aktif ampas kopi

**Tabel 2.** Hasil Gugus Fungsi Pada Arang Aktif, Magnetit dan Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Arang aktif

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )			
	Literatur	Arang Aktif	Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -Arang Aktif	Magnetit
O-H Ulur	3300-3600	3425,58	3425,58	3441,01
C-H Stretching	2850-2970	2931,80-2862,36	2924,09-2854,65	2931,80-2862,36
C-H Bending	1340-1470	1373,32	1342,46	-
C=O	1540-1800	1604,77	1604,77	1635,64
O-H Tekuk	1500-1600	-	-	1527,62
C-O	1050-1330	1265,30-1219,01	1265,30	1273,02
Fe-O	500-610	-	509,21	586,36

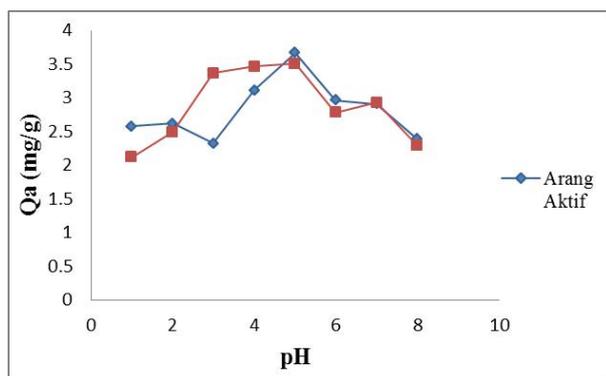
Berdasarkan hasil karakterisasi FT-IR diatas, pada kurva arang aktif dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif muncul pita serapan 3425,58 cm<sup>-1</sup> dan pada magnetit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> muncul pita serapan 3441,01 cm<sup>-1</sup> merupakan karakteristik dari vibrasi ulur gugus hidroksi dari karboksilat, alkohol dan air yang terdapat pada permukaan arang aktif, komposit maupun magnetit (Fisli dkk., 2018). Adanya vibrasi -OH tekuk gugus hidroksi ini dibuktikan dengan munculnya pita serapan pada 1527,62 cm<sup>-1</sup> (Koesnarpadi dkk., 2020). Selain itu pada kurva arang aktif muncul serapan 1604,77 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya serapan C=O yang menyatakan bahwa ampas kopi telah membentuk zat karbon karena gugus C=O merupakan gugus khas dari arang aktif. Pada magnetit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> muncul serapan pada bilangan gelombang 586,36 cm<sup>-1</sup> yang berasal dari vibrasi stretching pita serapan logam-oksigen. Sedangkan pada komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif ampas kopi muncul serapan pada bilangan gelombang 1604,77 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya serapan C=O menyatakan bahwa masih terdapat gugus khas dari arang aktif, selain itu muncul

serapan pada bilangan gelombang 509,21 cm<sup>-1</sup> menunjukkan dugaan adanya serapan logam-oksigen yang berupa ikatan Fe-O. Menurut Fisli dkk., (2018) komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif muncul serapan pada bilangan gelombang 560 cm<sup>-1</sup> berasal dari vibrasi stretching pita serapan logam-oksigen (ikatan Fe-O dalam kisi kristalin Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>). Berdasarkan penelitian Koesnarpadi dkk., (2020) pada material komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Kitosan muncul serapan pada bilangan gelombang 570 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan adanya ikatan Fe-O. Berdasarkan data hasil karakterisasi tersebut menandakan bahwa material Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> telah tercangkok dalam permukaan arang aktif.

### Uji Adsorpsi Penentuan pH Optimum

Pada penelitian ini dilakukan uji adsorpsi dengan variasi pH yang bertujuan untuk mengetahui pH optimum dari fenol untuk di adsorpsi menggunakan arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif ampas kopi. Berikut grafik pengaruh pH terhadap jumlah ion fenol teradsorpsi (Q<sub>a</sub>) pada arang aktif ampas kopi

teraktivasi kimia dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif ampas kopi ditunjukkan pada **Gambar 4**



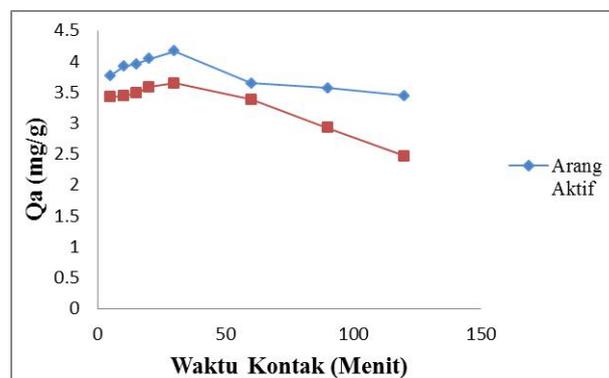
**Gambar 4.** Pengaruh variasi pH terhadap jumlah ion fenol teradsorpsi (Qa) oleh arang aktif ampas kopi dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif ampas kopi.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 4 dapat diketahui bahwa pH optimum yang diperoleh dari adsorben arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif ampas kopi terjadi pada pH 5 dengan jumlah fenol teradsorpsi (Qa) masing-masing sebesar 3,67 mg/g dan 3,50 mg/g dengan % teradsorpsinya masing-masing yaitu sebesar 58,68% dan 56,03%. Ketika pH mencapai 3 terdapat penurunan adsorpsi pada adsorben arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia, hal ini dapat disebabkan karena tidak stabilnya pH larutan fenol yang dibuat sehingga dapat mempengaruhi daya adsorpsi arang aktif ampas kopi terhadap fenol. Arang aktif memiliki gugus fungsional pada permukaannya yaitu gugus hidroksil dan gugus karboksi [13]. Proses adsorpsi terhadap senyawa fenol oleh arang aktif terjadi melalui adsorpsi fisika, dimana gugus hidroksil dari fenol akan membentuk ikatan dengan gugus karboksil pada permukaan arang aktif membentuk ikatan hidrogen. Ketika pH meningkat maka konsentrasi fenol terionisasi dan jumlah ion negatif pada adsorben juga meningkat sehingga proses penyerapan mengalami penurunan sedangkan ketika pH berada diantara 1 dan 3 merupakan titik isoelektrik, menyebabkan keseluruhan muatan permukaan menjadi positif sehingga terjadi donor-akseptor dan terjadi interaksi antara cincin aromatik fenol dengan adsorben [14].

#### Penentuan Waktu Kontak Optimum

Pada penelitian ini dilakukan uji variasi waktu kontak yang bertujuan untuk mengetahui lamanya waktu yang diperlukan arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif ampas kopi dalam mengadsorpsi senyawa fenol.

Berikut grafik pengaruh waktu kontak terhadap jumlah ion fenol teradsorpsi (Qa) pada arang aktif teraktivasi kimia dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif ampas kopi ditunjukkan pada **Gambar 5**



**Gambar 5.** Pengaruh variasi waktu terhadap jumlah ion fenol teradsorpsi (Qa) oleh arang aktif ampas kopi dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 5 dapat diketahui bahwa waktu kontak optimum yang diperoleh dari adsorben arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Arang aktif ampas kopi terjadi pada waktu kontak 30 menit dengan jumlah fenol teradsorpsi (Qa) sebesar 4,16 mg/g dan 3,65 mg/g dengan % teradsorpsinya masing-masing sebesar 66,61% dan 58,35%. Berdasarkan data tersebut semakin lama waktu yang diberikan maka persen adsorpsi senyawa fenol semakin besar terbukti dari waktu kontak 5 menit masih terus mengalami kenaikan hingga waktu kontak 30 menit. Semakin lama waktu interaksi maka semakin banyak adsorbat teradsorpsi karena semakin banyak kesempatan partikel dari adsorben untuk bersinggungan dengan adsorbat, hal ini menyebabkan semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi [15]. Namun pada menit 60 hingga menit 120 mengalami penurunan adsorpsi karena apabila waktu kontak adsorben dengan adsorbat terlalu lama maka akan terjadi pelepasan kembali adsorbat atau adsorben telah mencapai titik jenuh sehingga terjadi penurunan daya adsorpsinya. Diperoleh daya adsorpsi yang paling bagus berdasarkan variasi waktu kontak 30 menit yaitu adsorben arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia dengan jumlah fenol teradsorpsi sebesar 4,16 mg/g dan % teradsorpsi sebesar 66,61% sedangkan untuk komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-arang aktif ampas kopi memiliki % teradsorpsi jauh lebih rendah dikarenakan pori-pori dari adsorben komposit telah terisi oleh material Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> sehingga kesempatan untuk menjerap senyawa fenol lebih sedikit walaupun waktu kontak yang diberikan 30 menit.

## KESIMPULAN

Karakteristik arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika dengan parameter uji kadar air, kadar abu, *volatile matter*, daya serap terhadap iodium dan luas permukaan terhadap metilen biru masing-masing sebesar 6,29%, 3,14%, 17,58%, 194,07 mg/g, dan 68,48 m<sup>2</sup>/g sedangkan arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia yaitu masing-masing sebesar 5,64%, 1,32%, 17,34%, 290,29 mg/g, dan 71,55 m<sup>2</sup>/g. Karakteristik komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Arang aktif ampas kopi berdasarkan hasil analisa menggunakan FT-IR dan SEM menunjukkan bahwa magnetit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> telah sukses tercangkok pada struktur arang aktif melalui gugus hidroksi pada permukaan arang aktif. Kondisi optimum yang diperoleh komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Arang aktif ampas kopi yaitu terjadi pada pH 5, waktu kontak 30 menit.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Pertanian. (2018). *Outlook Komoditi Kopi*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- [2] Sunandar, N. H. S., Wirawan, T., dan Gunawan, R. (2012). Adsorpsi Fenol Oleh Arang Aktif Dari Ampas Kopi. *Jurnal Kimia Mulawarman*. 9(2), 2476-9258.
- [3] Sukandar, D., Heru, T. P. dan Faziah, A. H. (2009). Identifikasi dan Penentuan Kadar Senyawa Fenol Pada Sedimen Tambak Di Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Valensi Volume 1* (4), 163-170.
- [4] Isyuniarto., Usada, W., Purwadi, A. dan Suryadi. (2005). Degradasi Fenol Dalam Limbah Pengolahan Minyak Bumi Dengan Ozon. *Jurnal Prosiding PPI-PDIPTN*. ISSN:0216-3128, 76-82.
- [5] Khuluk, R.,H. (2016). *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (Cocous nucifera L.) sebagai adsorben zat warna metilen biru*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- [6] 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*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- [7] Anggraini, E. J. (2019). *Karakterisasi Arang Aktif Ampas Kopi Teraktivasi Fisik dan Kimia Sebagai Adsorben Rhodamin B*. Skripsi. FMIPA, Jurusan Kimia, Universitas Mulawarman, Samarinda.
- [8] Laos, L.E., Masturi dan Yulianti, I. (2016). Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Kulit Kemiri. *Seminar Nasional Fisika*. 5(1), 135-140.
- [9] Aryani, F., Mardiana, F dan Wartomo. (2019). Aplikasi Metode Aktivasi Fisika dan Aktivasi Kimia Pada Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa (Cocos nuci fera L). *Indonesian Journal of Laboratory*. 1(2),16-20
- [10] Manocha, Stash M. (2003). *Porosus Carbon*. Department of Materials Science, Standar Patel Universtiy, India. Sadhana. 28 (1 dan 2), 335-348
- [11] Imawati, A dan Adhitiyawarman. (2015). Kapasitas Adsorpsi Maksimum Ion Pb (II) Oleh Arang Aktif Ampas Kopi Teraktivasi HCl dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 4(2). 50-61.
- [12] Alimah, D. (2017). Sifat dan Mutu Arang Aktif Tempurung Biji Mete (Anacardium occidentale L.) *Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehidupan Banjarbaru*. 35(2). 123-133.
- [13] Kurniati, F.D., Pardoyo dan Suhartana. (2011). Sintesis Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa Dan Aplikasinya Untuk Adsorpsi Asap Cair. *Journal Of Scientific and Applied Chemistry*. 14(3), 72-76.
- [14] Beker, U., Ganbold, B., Dertli, H dan Gulbayir D.D. (2010). Adsorption Of Phenol By Activated Carbon: Influence Of Activation Methods And Solution pH. *Journal Energy Conversion and Management*. 51, 235-240.
- [15] Nafi'ah, R. (2016). Kinetika Adsorpsi Pb (II) Dengan Adsorben Arang Aktif Dari Sabut Siwalan. *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*. Vol. 1 No. 2.