

ADSORPSI FENOL OLEH ARANG AKTIF AMPAS KOPI TERAKTIVASI FISIK DAN KIMIA

PHENOL ADSORPTION USING ACTIVATED CHARCOAL FROM COFFEE GROUNDS PREPARED BY PHYSICAL AND CHEMICAL ACTIVATION

Harisma Nurfarizha* , Teguh Wirawan , Nanang Tri Widodo

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

*Email: harismanurfarizha@gmail.com

Received: 15 February 2021, Accepted: 23 February 2021

ABSTRACT

Activated charcoal was prepared from coffee grounds using carbonization at 500°C as a physical activation and also by chemical activation using sulphuric acid. Chemical characterization of the activated charcoal was performed by Fourier Transform Infrared Spectroscopy. The optimum conditions for phenol adsorption was attained at pH 4 and 60 minutes of contact time. Adsorption isotherms from Freundlich

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

PENDAHULUAN

Polusi air oleh bahan organik, antara lain fenol dan turunannya yang sangat membahayakan kesehatan. Peningkatan kandungan fenol banyak disebabkan oleh berbagai kegiatan industri. Fenol adalah senyawa kimia yang bersifat korosif yang dapat menyebabkan iritasi pada kulit, jaringan, mata dan mengganggu pernapasan manusia. Fenol di alam mengalami transformasi kimia, biokimia, dan fisika. Namun dengan proses alami saja tidak cukup untuk mengatasi permasalahan. Hal yang menimbulkan permasalahan harus segera diatasi sehingga fenol dan derivat-derivatnya perlu ditiadakan atau dikurangi sampai berada di bawah nilai batas ambangnya yaitu 0,001 ppm.

Adsorpsi merupakan metode yang paling umum dipakai karena memiliki konsep yang lebih sederhana dan dapat diregenerasi serta ekonomis. Metode adsorpsi memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah pengolahannya relatif sederhana, efisiensinya relatif tinggi, efektif dan tidak memberikan dampak buruk terhadap lingkungan. Adsorpsi telah terbukti merupakan metode yang cukup efektif untuk mengolah limbah cair [1].

Arang aktif dapat dibuat dari bahan baku yang berasal dari bahan organik. Salah satu bahan organik yang dapat digunakan sebagai bahan baku membuat arang aktif adalah ampas kopi. Ampas kopi merupakan limbah akhir dari penyeduhan kopi. Ampas kopi mempunyai banyak

manfaat, terutama bagi tumbuhan yaitu dapat menambah asupan Nitrogen, Fosfor dan Kalium (NPK) yang dibutuhkan oleh tanaman sehingga dapat menyuburkan tanah. Ampas kopi dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik karena mengandung mineral, karbohidrat, membantu terlepasnya nitrogen sebagai nutrisi tanaman, dan ampas kopi bersifat asam sehingga menurunkan pH tanah [2]. Arang aktif adalah suatu padatan berpori yang dihasilkan dari bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Semakin luas permukaan arang aktif maka daya adsorpsinya semakin tinggi [3].

Proses aktivasi diperlukan dalam proses pembuatan arang aktif. Aktivasi merupakan proses yang sangat berperan agar diperoleh kualitas arang aktif yang baik. Proses aktivasi dapat memperluas permukaan partikel sehingga dapat meningkatkan kemampuan daya serap karbon. Proses aktivasi arang aktif dapat dilakukan dengan dua cara yaitu aktivasi secara kimia dan fisika. Aktivasi secara kimia dilakukan penambahan larutan kimia berupa asam dan aktivasi secara fisika dilakukan dengan pemanasan dengan suhu tinggi [4]. sehingga arang aktif dapat dimanfaatkan untuk mengadsorpsi fenol.

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian dengan memanfaatkan arang aktif dari ampas kopi untuk dijadikan adsorben yang akan digunakan untuk mengadsorpsi fenol, hasil dari penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan kegunaan dari ampas kopi dan membantu

mengembangkan pemecahan permasalahan lingkungan terhadap limbah fenol di lingkungan.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu neraca analitik, gelas kimia, spatula, batang pengaduk, corong *Buchner*, corong kaca, oven, statif, *magnetic stirrer*, labu ukur, pH meter, *stopwatch*, cawan porselen, *bulp*, pipet volume, pipet ukur, tanur, desikator, Labu Erlenmeyer, *shaker*, kuvet dan Spektrofotometer UV-Vis tipe Evolusion 201.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ampas kopi, akuades, aluminium *foil*, kertas saring, Fenol, $H_2SO_{4(p)}$, Iodium, $Na_2S_2O_3$, larutan indikator amilum, Metilen biru, $K_3Fe(CN)_6$, NH_4OH , H_3PO_4 , aminoantipirin, kertas saring dan *tissue*.

Prosedur Penelitian

Preparasi Ampas Kopi

Bubuk kopi diseduh dengan akuades panas selama 10 menit dan disaring. 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 2 jam pada suhu $100^{\circ}C$. Kemudian didinginkan, ditimbang dan dihitung rendemennya

Pembuatan Arang Aktif Ampas Kopi

Aktivasi Secara Fisik

Ampas kopi sebanyak 144,62 gram dikarbonisasi dalam tanur pada suhu $500^{\circ}C$ selama 45 menit hingga terbentuk arang.

Aktivasi Secara Kimia

Arang Aktif Ampas kopi sebanyak 10 gram direndam dengan larutan aktivator H_2SO_4 20% selama 24 jam, disaring, dicuci dengan akuades sampai pH netral dikeringkan selama 3 jam dalam oven pada suhu $100^{\circ}C$, lalu dikarbonisasi pada suhu $500^{\circ}C$ selama 45 menit. Setelah dingin, arang aktif diayak dengan ukuran 100 mesh. Arang aktif disimpan di dalam desikator dan siap untuk diuji karakteristiknya [5].

Uji Karakterisasi

Kadar Air

Sebanyak 1 gram arang aktif ampas kopi dimasukkan dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya. Lalu dipanaskan dalam oven pada suhu $105^{\circ}C$ selama 2 jam. Di dinginkan selama 15 menit dalam desikator. Di timbang. Prosedur tersebut

dilakukan berulang-ulang hingga mendapatkan berat konstan [3].

$$\% \text{ IM} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\%$$

Keterangan :

%IM : Kadar air (%)

W1 : Berat cawan kosong (gram)

W2 : Berat cawan + sampel awal (gram)

W3 : Berat cawan + sampel akhir (gram)

Kadar Abu

Sebanyak 1 gram arang aktif ampas kopi yang telah ditentukan kadar airnya, dibakar dalam *furnace* pada suhu $500^{\circ}C$ selama ± 4 jam hingga terbentuk abu. Didinginkan selama 15 menit dalam desikator. Ditimbang [3].

$$\% \text{ Ash} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\%$$

Keterangan :

% Ash : Kadar abu (%)

W1 : Berat cawan kosong (gram)

W2 : Berat cawan + sampel awal (gram)

W3 : Berat cawan + sampel akhir (gram)

Volatile Matter

Tanur diatur suhunya pada $950^{\circ}C$. Ampas kopi ditimbang sebanyak 1 gram, dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya. Cawan dimasukkan ke dalam tanur selama 2 menit. Didinginkan dalam desikator lalu ditimbang dan dihitung persentase zat terbang dalam arang aktif ampas kopi [3].

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

Keterangan :

%VM : Kadar Zat Terbang (%)

%IM : Kadar Air (%)

W1 : Berat cawan kosong (gram)

W2 : Berat cawan + sampel awal (gram)

W3 : Berat cawan + sampel akhir (gram)

Daya Serap Terhadap Iodium

Sebanyak 0,5 gram arang aktif ampas kopi dicampurkan dengan 25 mL larutan iodium 0,1 N, diaduk selama 15 menit dengan *magnetic stirrer* dan didiamkan beberapa saat lalu disaring. Di ambil filtrat 10 mL, dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer dan dititrasi dengan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N hingga larutan berwarna kuning muda. Di tambah indikator amilum 1% dan dititrasi kembali hingga warna biru hilang. Dicatat dan bilangan iod dihitung [3].

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

Keterangan :

V blanko : Volume titrasi blanko (mL)

V titrasi : Volume titrasi sampel (mL)

BE I₂ : Berat Ekuivalen I₂ (126,91)

N : Normalitas Natrium Tiosulfat (0,1 N)

Daya Serap Metilen biru

Penentuan daya serap metilen biru dilakukan dengan cara mengukur panjang gelombang maksimum larutan metilen biru dengan konsentrasi 4 mg/L pada *range* 400-700 nm. Dibuat kurva standar larutan metilen biru dengan konsentrasi 0,5; 1; 2; 3 dan 4 mg/L dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum 667 nm. Sebanyak 0,1 gram arang aktif ampas kopi dimasukkan dalam 40 mL larutan metilen biru 50 mg/L dan diaduk selama 50 menit. Di saring dan filtrat yang diperoleh diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang maksimum 667 nm [3].

$$X_m = \frac{V}{1000} \times C$$

$$\text{Luas permukaan} = \frac{X_m \times N \times A}{M_r}$$

Keterangan :

X_m : Kapasitas adsorpsi Metilen biru (mg/g)

V : Volume larutan (mL)

C : Konsentrasi Metilen biru yang teradsorpsi (mg/L)

N : Bilangan avogadro (6,02 × 10²³ molekul/mol)

A : Luas penampang Metilen biru (197 × 10⁻²⁰ m²/molekul)

M_r : Massa relatif Metilen biru (g/mol)

Adsorpsi Terhadap Fenol

Penentuan pH Optimum

Sebanyak 0,1 gram arang aktif ampas kopi aktivasi fisika dan kimia yang telah diatur pH nya menjadi 1 dimasukkan ke dalam 25 mL larutan fenol dengan konsentrasi 25 mg/L dengan variasi pH 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan 8. Campuran diaduk menggunakan *shaker* selama 15 menit dan disaring. Lalu Filtrat yang diperoleh ditambahkan 2,5 mL larutan NH₄OH 0,5 M. Larutan ditambah H₃PO₄ 10% hingga pH 7,9 ± 0,1 lalu ditambahkan 1 mL larutan aminoantipirin 0,01 M sambil diaduk. Lalu ditambahkan 1 mL larutan K₃Fe(CN)₆ 0,1 M dan diaduk. Setelah itu didiamkan selama 15 menit lalu diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-

Vis pada panjang gelombang maksimum. Dilakukan hal yang sama untuk pH 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan 8 [6].

Penentuan waktu Kontak Optimum

Sebanyak 0,1 gram arang aktif ampas kopi aktivasi fisika dan kimia dimasukkan ke dalam 25 mL larutan fenol dengan konsentrasi 25 mg/L. Campuran diaduk menggunakan *shaker* selama 15, 30, 45, 60 dan 75 menit. Disaring dan filtrat yang diperoleh ditambahkan 2,5 mL larutan NH₄OH 0,5 M. Larutan ditambah H₃PO₄ 10% hingga pH 7,9 ± 0,1 lalu ditambahkan 1 mL larutan aminoantipirin 0,01 M sambil diaduk. Lalu ditambahkan 1 mL larutan K₃Fe(CN)₆ 0,1 M dan diaduk. Setelah itu didiamkan selama 15 menit lalu diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum [6].

Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

Sebanyak 0,1 gram arang aktif ampas kopi aktivasi fisika dan kimia dimasukkan ke dalam 25 mL larutan fenol dengan konsentrasi 5, 10, 25, dan 45 mg/L. Campuran iaduk menggunakan *shaker* selama 60 menit dan disaring. Lalu filtrat yang diperoleh ditambahkan 2,5 mL larutan NH₄OH 0,5 M. Larutan ditambah H₃PO₄ 10% hingga pH 7,9 ± 0,1 lalu ditambahkan 1 mL larutan K₃Fe(CN)₆ 0,1 M dan diaduk. Setelah itu didiamkan selama 15 menit, diukur adsorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum sebesar 507 nm [6].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Ampas Kopi

Preparasi Ampas kopi dilakukan dengan cara menyeduh kopi yang bertujuan untuk menghilangkan zat pengotor yang terdapat dalam bubuk kopi hitam. Bubuk Kopi sebanyak 314,32 gram diseduh dengan akuades panas dan disaring. Setelah itu ampas kopi dikeringkan pada suhu 100^oC selama 3 jam dan diperoleh persen rendemennya sebesar 144,62 gram.

Pembuatan Arang Aktif Ampas Kopi

Arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika diperoleh persen rendemen sebesar 19,20%. Aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan H₂SO₄ diperoleh persen rendemennya sebesar 54,8%. Proses aktivasi ini dilakukan untuk memperbesar luas permukaan arang aktif sehingga tingkat adsorpsi terhadap analit akan semakin tinggi dikarenakan H₂SO₄ berperan sebagai *activating agent* yang akan mempengaruhi dekomposisi porolisis dan mengikat senyawa tar sisa karbonisasi keluar dari mikropori arang sehingga permukaannya semakin *porous* [7].

Uji Karakterisasi Arang Aktif Ampas Kopi

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika dan kimia. Karakterisasi bertujuan untuk mengetahui kualitas dari arang aktif ampas kopi. Hasil penentuan

karakterisasi dari arang aktif ampas kopi teraktivasi fisika dan kimia didasarkan SNI 06-3730-1995 disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Uji Karakterisasi Arang Aktif Ampas Kopi

Parameter	SNI	Jenis Arang Aktif	
	06-3730-1995	Aktivasi Fisika	Aktivasi Kimia
Kadar Air	Maksimal 15%	6,61%	5,76%
Kadar Abu	Maksimal 10%	4,44%	3,49%
<i>Volatile Matter</i>	Maksimal 25%	41,60%	40,82%
Daya Serap Iod	Minimal 750 mg/g	182,59 mg/g	257,43 mg/g
Luas Permukaan Metilen Biru	Minimal 300 m ² /g	51,08 m ² /g	71,80 m ² /g

Pengujian arang aktif ampas kopi terhadap kadar air yaitu untuk mengetahui banyaknya air yang menutupi pori-pori arang aktif. Uji kadar air pada karbon aktif ampas kopi teraktivasi secara kimia dan fisika masing-masing memperoleh hasil sebesar 6,61% dan 5,76%. Nilai tersebut memenuhi standar SNI dengan kadar air di bawah standar maksimalnya yaitu 15%, karena jika kadar air yang diperoleh melebihi dari 15% maka akan menghambat daya serap adsorben terhadap adsorbat karena pada pori-pori adsorben banyak mengandung air sehingga adsorben tersebut memiliki sifat adsorpsi yang kurang baik. Tinggi rendahnya kadar air menunjukkan banyak sedikitnya air yang menutupi pori-pori arang aktif. Semakin rendah kadar air maka semakin banyak tempat dalam pori yang dapat ditempati oleh adsorbat sehingga adsorpsi berlangsung secara optimal [8].

Pengujian arang aktif ampas kopi terhadap kadar abu yaitu untuk mengetahui banyaknya sisa kandungan mineral yang terdapat pada arang aktif. Uji kadar abu pada karbon aktif ampas kopi teraktivasi secara kimia dan fisika masing-masing memperoleh hasil sebesar 4,44% dan 3,49%. Nilai tersebut memenuhi standar SNI dengan kadar abu di bawah standar maksimalnya yaitu 10%, karena jika kadar abu melebihi dari 10% maka akan menyebabkan penyumbatan pori-pori adsorben karena adanya mineral yang masih tersisa sehingga dapat mempengaruhi daya serap adsorben terhadap adsorbat. Tinggi rendahnya kadar abu dipengaruhi oleh aktivator dalam melarutkan mineral-mineral anorganik yang terkandung dalam arang aktif [8]. Pengujian *volatile matter* yaitu untuk mengukur kandungan senyawa yang belum menguap saat dilakukannya proses karbonisasi pada arang aktif. Uji kadar *volatile matter* pada karbon aktif ampas kopi teraktivasi secara kimia dan fisika masing-masing memperoleh hasil sebesar 41,60% dan 40,82%. Nilai tersebut tidak memenuhi standar SNI karena berada di atas standar untuk kadar *volatile matter* yang

standard maksimalnya yaitu 25%, jika kadar *volatile matter* melebihi dari 25% maka akan mempengaruhi kemampuan daya serap arang aktif, hal ini dikarenakan masih terdapatnya senyawa-senyawa non karbon pada pori-pori arang aktif yang tidak hilang saat proses karbonisasi sehingga menyebabkan kadar *volatile matter* yang diperoleh sangat tinggi.

Pengujian arang aktif ampas kopi terhadap daya serap iod yaitu untuk mengetahui kemampuan arang aktif dalam menyerap adsorbat dengan ukuran molekul kecil berkisar 1 nm. Uji daya serap terhadap iod pada karbon aktif ampas kopi teraktivasi secara kimia dan fisika masing-masing memperoleh hasil sebesar 182,59 mg/g dan 257,43 mg/g. Nilai tersebut tidak memenuhi standar SNI karena berada di bawah standar minimalnya yaitu 750 mg/g. Tingginya daya serap arang aktif terhadap I₂ menunjukkan semakin banyak mikropori arang aktif yang terbentuk sehingga semakin baik arang aktif tersebut dalam menyerap adsorbat dengan ukuran molekul yang kecil [9].

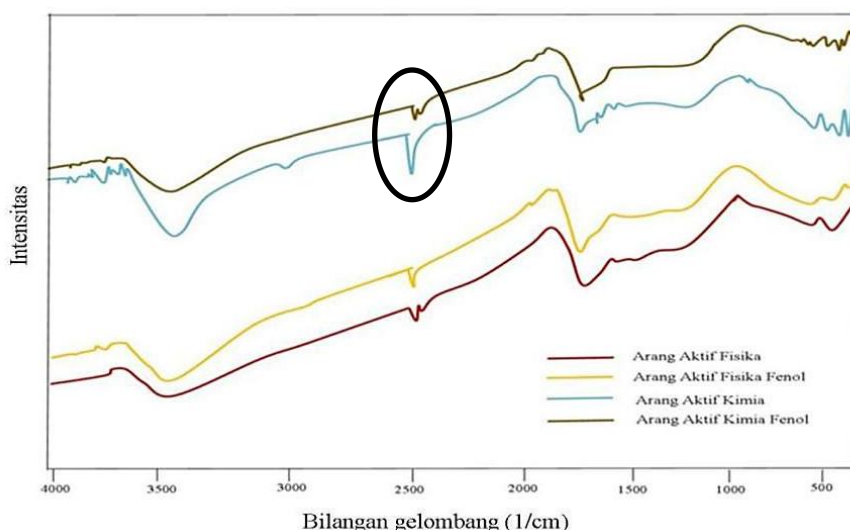
Pengujian arang aktif ampas kopi terhadap daya serap metilen biru yaitu untuk mengetahui kemampuan arang aktif dalam menyerap adsorbat dengan ukuran molekul besar berkisar 1,5-2,5 nm. Uji daya serap terhadap metilen biru pada arang aktif ampas kopi teraktivasi secara kimia dan fisika masing-masing memperoleh hasil sebesar 13,83 mg/g dan 19,39 mg/g. Nilai tersebut tidak memenuhi standar SNI karena berada di bawah standar minimalnya yaitu 300 mg/g. Tinggi rendahnya daya serap arang aktif terhadap metilen biru dapat menunjukkan banyaknya mikropori yang terbentuk pada arang aktif, menurut hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa arang aktif kurang efektif jika digunakan untuk mengadsorpsi atau menyerap adsorbat dengan ukuran molekul 1,5-2,5 nm. Dari hasil penelitian ini diperoleh luas permukaan arang aktif ampas kopi teraktivasi secara kimia dan fisika masing-masing memperoleh hasil sebesar 51,08 m²/g dan 71,80 m²/g. Berdasarkan dari karakterisasi yang

telah dilakukan didapat bahwa arang aktif yang teraktivasi secara kimia lebih baik dibandingkan fisika.

Hasil Analisa Frouier Transform Infrared (FT-IR)

Arang aktif ampas kopi teraktivasi fisik dan kimia dikarakterisasi menggunakan instrumen Frouier Transform Infrared (FT-IR) yang berfungsi

untuk menentukan gugus fungsi dengan bilangan gelombang yang sesuai. **Gambar 1** merupakan spektra hasil analisa FT-IR. Dari hasil spektrum Frouier Transform Infrared (FTIR) yaitu Arang Aktif Fisika, Arang Aktif Fisika Fenol, Arang Aktif Kimia, Arang Aktif Kimia Fenol pada **Tabel 2**.



Gambar 1. Spektra FTIR Arang Aktif Fisika, Arang Aktif Fisika Fenol, Arang Aktif Kimia, Arang Aktif Kimia Fenol

Tabel 2. Hasil Gugus Fungsi Pada Arang Aktif Fisika, Arang Aktif Fisika Fenol, Arang Aktif Kimia, Arang Aktif Kimia Fenol

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)				
	Literatur (Anggraini, 2019)	Arang Aktif Fisika	Arang Aktif Fenol Fisika	Arang Aktif Kimia	Arang Aktif Fenol Kimia
O-H Ulur	3300-3600	3448.72	3448.72	3425.58	3448.72
C-H Stretching	2850-2970	2924.09	2931.80	2862.36-2931.80	2931.80
C-H Bending	1340-1470	1381.03	1334.74	-	1342.46
C=O	1540-1800	1620.21	1620.21	1620.21	1620.21
O-H Tekuk	1500-1600	-	-	1527.62	-
C-O	1050-1330	-	1280.73	1157.29	1234.44

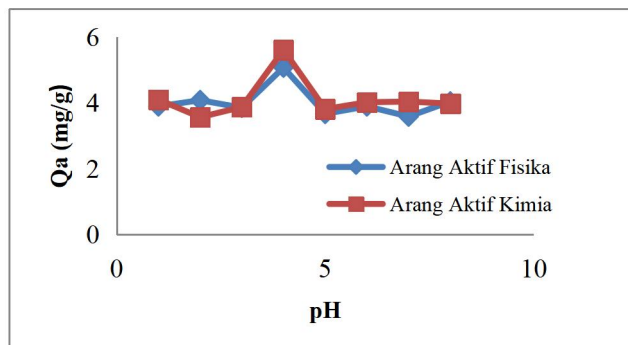
Perbedaan dari spektra arang aktif kimia dan arang aktif fenol kimia terletak di daerah bilangan gelombang 2400-2300 cm⁻¹, lebih tepatnya pada 2337,72 cm⁻¹. Daerah tersebut terbentuk karena adanya gugus CO₂. Gugus ini berasal dari udara bebas yang terperangkap sesaat sebelum dianalisis gugus fungsinya oleh FTIR. Terdapat juga perbedaan pada bilangan gelombang 3300-3600 cm⁻¹ yang merupakan gugus OH. Dari hasil yang diperoleh terjadi penurunan puncak serapan, hal ini terjadi karena penguraian gugus hidroksil dan air yang teradsorpsi [11].

Berdasarkan hasil analisa menggunakan FT-IR menunjukkan bahwa gugus yang aktif yaitu gugus hidroksil dan gugus karboksil yang akan berpengaruh pada adsorben arang aktif ini ketika digunakan untuk proses adsorpsi. Arang aktif memiliki gugus fungsional pada permukaannya yaitu gugus hidroksil dan gugus karboksil [12].

Uji Adsorpsi Penentuan pH Optimum

Pada penelitian ini dilakukan uji adsorpsi dengan variasi pH yang bertujuan untuk mengetahui pH optimum pada adsorpsi fenol menggunakan arang

aktif ampas kopi teraktivasi fisik dan kimia Berikut grafik pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi (Q_a) pada arang aktif ampas kopi teraktivasi fisik dan kimia ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Grafik variasi pH terhadap kapasitas adsorpsi (Q_a) oleh arang aktif teraktivasi fisik dan kimia

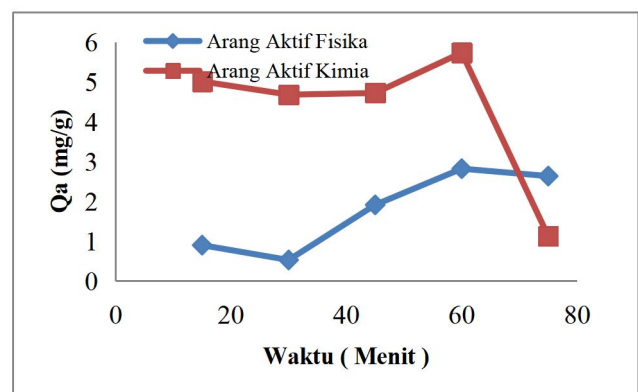
Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 2 dapat diketahui bahwa pH optimum yang diperoleh dari adsorben arang aktif ampas kopi teraktivasi fisik dan kimia terjadi pada pH 4 dengan kapasitas adsorpsi (Q_a) masing-masing sebesar 5,07 mg/g dan 5,60 mg/g dengan persen teradsorpsinya masing-masing yaitu sebesar 81,15% dan 89,75%. Arang aktif memiliki gugus fungsional pada permukaannya yaitu gugus hidroksil dan gugus karboksil [10]. 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 [13].

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 fisik dan kimia dalam mengadsorpsi senyawa fenol. Berikut grafik pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi (Q_a) pada arang aktif teraktivasi teraktivasi fisik dan kimia ditunjukkan pada **Gambar 3**.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 3 dapat diketahui bahwa waktu kontak optimum yang diperoleh dari adsorben arang aktif ampas kopi teraktivasi fisik dan kimia terjadi pada waktu kontak 60 menit dengan kapasitas adsorpsi (Q_a) sebesar 2,82 mg/g dan 5,73 mg/g dengan persen teradsorpsinya masing-masing sebesar 45,12% dan 91,73%. Berdasarkan data tersebut semakin lama waktu yang

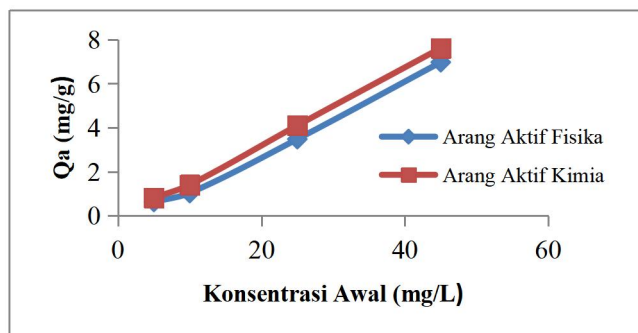
diberikan maka persen adsorpsi senyawa fenol semakin besar terbukti dari waktu kontak 30 menit masih terus mengalami kenaikan hingga waktu kontak 60 menit. Semakin lama waktu interaksi maka semakin banyak adsorbat teradsorpsi karena semakin banyak kesempatan partikel dari adsorben untuk bersinggungan dengan adsorbat, hal ini menyebabkan semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi. Namun pada menit 60 hingga menit 75 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. Daya adsorpsi yang paling bagus berdasarkan variasi waktu kontak 60 menit yaitu adsorben arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia kapasitas adsorpsi sebesar 5,73 mg/g dan persen teradsorpsi sebesar 91,73% sedangkan untuk arang aktif ampas kopi teraktivasi fisik memiliki persen teradsorpsi jauh lebih rendah yaitu sebesar 45,12% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2,82 mg/g. Hal ini dikarenakan pori-pori dari adsorben arang aktif ampas kopi fisik telah terisi oleh material sehingga kesempatan untuk menjerap senyawa fenol lebih sedikit walaupun waktu kontak yang diberikan 60 menit.



Gambar 3. Pengaruh variasi waktu terhadap kapasitas adsorpsi (Q_a) oleh arang aktif ampas kopi teraktivasi fisik dan kimia

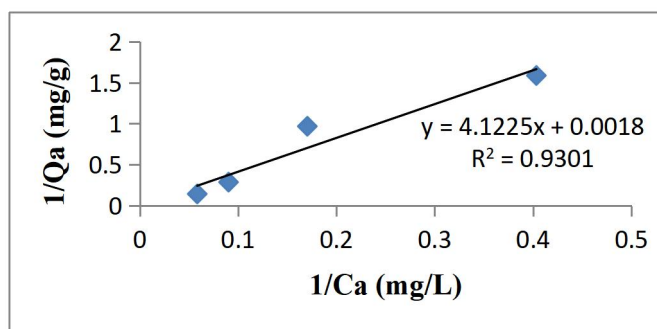
Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

Pada penelitian ini dilakukan penentuan model isoterm adsorpsi dengan menggunakan variasi konsentrasi untuk menunjukkan kemampuan arang aktif ampas kopi teraktivasi fisik dan kimia dalam mengadsorpsi fenol. Grafik pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi (Q_a) oleh arang aktif ampas kopi teraktivasi fisik dan kimia ditunjukkan pada **Gambar 4**.

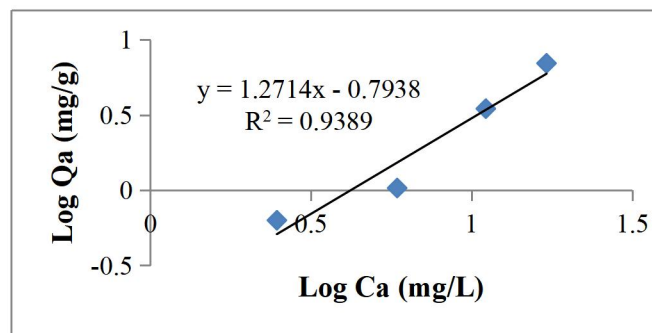


Gambar 4. Pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi (Q_a) oleh arang aktif ampas kopi teraktivasi fisik dan kimia

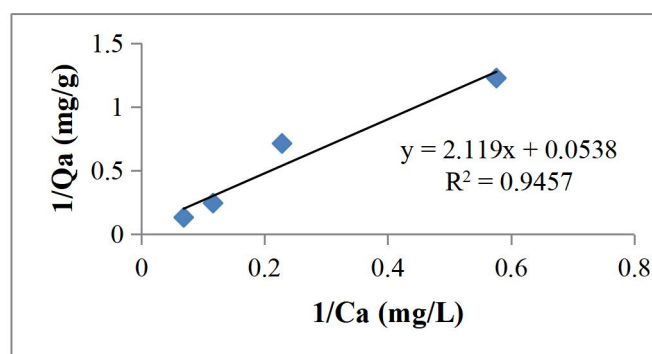
Berdasarkan hasil yang diperoleh bahwa dengan meningkatnya konsentrasi fenol maka meningkat pula jumlah fenol yang teradsorpsi peningkatan adsorpsi oleh arang aktif ampas kopi teraktivasi fisik dan kimia yaitu diperoleh adsorpsi maksimal pada variasi konsentrasi 45 mg/L dengan kapasitas adsorpsi (Q_a) masing-masing sebesar 6,97 mg/g dan 7,61 mg/g dengan persen teradsorpsinya masing-masing sebesar 61,98% dan 67,67%. Pada penelitian ini belum didapatkan hasil kapasitas maksimum adsorpsi dikarenakan konsentrasi fenol yang digunakan masih terlalu kecil hal tersebut disebabkan karena permukaan pada adsorben yang belum jenuh sehingga adsorben tersebut masih dapat menyerap molekul-molekul fenol. Pada penelitian ini, ada dua model isoterm yang digunakan yaitu isotem Langmuir dan Freundlich. Tujuan menggunakan isoterm Langmuir dan Freundlich adalah untuk mendapatkan persamaan kesetimbangan yang dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar massa adsorbat yang dapat diadsorpsi oleh adsorben.



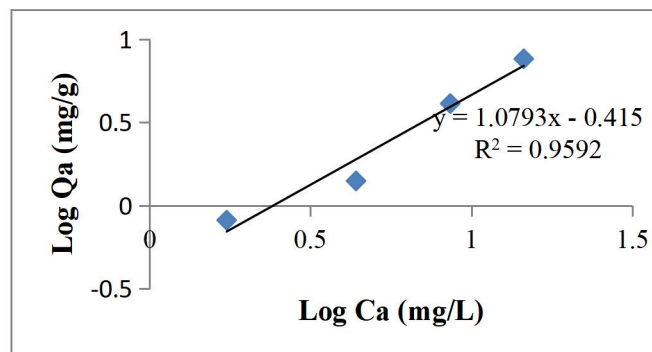
Gambar 5. Kurva isoterm Langmuir adsorpsi fenol oleh arang aktif ampas kopi teraktivasi fisik



Gambar 6. Kurva Isoterm Freundlich adsorpsi fenol oleh arang aktif ampas kopi teraktivasi fisik



Gambar 7. Kurva isoterm Langmuir adsorpsi fenol oleh arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia



Gambar 8. Isoterm Freundlich adsorpsi fenol oleh arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia

Dari gambar di atas untuk arang aktif ampas kopi teraktivasi fisik diperoleh hasil yaitu pada jenis isoterm Langmuir memiliki R^2 sebesar 0,9301 dan isoterm Freundlich memiliki nilai R^2 sebesar 0,9389 sedangkan untuk arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia diperoleh hasil yaitu jenis isoterm Langmuir memiliki nilai R^2 sebesar 0,9457 dan isoterm Freundlich memiliki nilai R^2 sebesar 0,9592. Berdasarkan hasil tersebut, maka adsorpsi fenol oleh arang aktif ampas kopi teraktivasi fisik dan kimia mengikuti jenis isoterm Freundlich. Pada penelitian ini adsorpsi fenol oleh arang aktif ampas kopi mengikuti model isoterm Freundlich karena memiliki R^2 mendekati 1 sehingga dapat dikatakan bahwa

adsorpsi terjadi secara fisik artinya penyerapan lebih banyak terjadi pada permukaan adsorben. Adsorpsi fisik ini terjadi karena adanya ikatan van Der Waals yaitu gaya tarik menarik yang lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben [14].

KESIMPULAN

Hasil 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 6,61%, 4,44%, 41,60%, 182,59 mg/g, dan 51,08 m²/g sedangkan arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia yaitu masing-masing sebesar 5,76%, 3,49%, 40,82%, 257,43 mg/g, dan 71,80 m²/g. Hasil karakteristik arang aktif ampas kopi berdasarkan hasil analisa menggunakan FT-IR menunjukkan bahwa arang aktif pada struktur arang aktif melalui gugus hidroksil dan karboksil pada permukaan arang aktif. Hasil karakterisasi arang aktif ampas kopi sebagai adsorben untuk mengadsorpsi fenol dengan parameter pH, waktu kontak dan konsentrasi terhadap arang aktif ampas kopi teraktivasi fisik pada pH 4 diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 5,07 mg/g dan persen teradsorpsi sebesar 81,15%, pada waktu 60 menit diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 2,82 mg dan persen teradsorpsi sebesar 45,12%, pada konsentrasi 45 mg/g diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 6,97 mg/g dan persen teradsorpsi sebesar 61,98%, sedangkan pada arang aktif ampas kopi teraktivasi kimia pada pH 4 diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 5,60 mg/g dan persen teradsorpsi sebesar 89,75%, pada waktu 60 menit diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 5,73 mg/g dan persen teradsorpsi sebesar 91,73%, pada konsentrasi 45 mg/g diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 7,61 mg/g dan persen teradsorpsi sebesar 67,67%. Adsorpsi fenol oleh arang aktif ampas kopi teraktivasi fisik dan kimia mengikuti model isoterm Freundlich karena memiliki R² mendekati 1 sehingga dapat dikatakan bahwa adsorpsi terjadi secara fisik dimana adsorpsi lebih banyak terjadi pada permukaan adsorben.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Reri, A., Yommi, D., & Rafiola, F. 2012. Studi penentuan kondisi optimum fly ash sebagai adsorben dalam menyisihkan logam berat timbal (Pb). *Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas*, 9(1), 37-43.
- [2] Yunus, A.M. 2010. *Manfaat Kopi dan Ampas Kopi* (online). (<http://blog.amyunus.com/manfaat-kopi-dan-ampas-kopi>). Diakses pada 25 Februari 2020.
- [3] Sembiring, M.T dan Sinaga, T.R., 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. Universitas Sumatra Utara.
- [4] Ferniati, D. 2013. *Analisis Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif Dari Ampas Kopi Bubuk Yang Sudah Diseduh*. *Berkala Teknik*. 3(2), 563-572
- [5] Asrijal, St. Chadijah, dan Aisyah. 2013. *Variasi Konsentrasi Aktivator Asam Sulfat (H₂SO₄) pada Karbon Aktif Ampas Tebu terhadap kapasitas Adsorpsi Logam Timbal*. UIN Alauddin Makassar.
- [6] Sunandar, N, H . N, 2012. *Adsorpsi Fenol oleh Arang Aktif dari Ampas Kopi*. Universitas Mulawarman. Samarinda.
- [7] Manocha, Statish M. 2003. *Porosus Carbon*. Department of Materials Science, Standar Patel Universtiy, India. *Sadhana*. 28 (1 dan 2), 335-348.
- [8] Mu'jizah, S. 2010. *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Biji Kelor (Moringa oleifera Lamk.) dengan NaCl sebagai Bahan Pengaktif*. Malang : Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang.
- [10] Imawati, A dan Adhitiyawarman. 2015. *Kapasitas Adsorpsi Maksimum Ion Pb (II) Oleh Arang Aktif Ampas Kopi Teraktivasi HCl dan H₃PO₄*. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 4(2). 50-61.
- [11] Anggraini, E. J. 2019. "Karakterisasi Arang Aktif Ampas Kopi Teraktivasi Fisik dan Kimia Sebagai Adsorben Rhodamin B". Skripsi. FMIPA, Jurusan Kimia, Universitas Mulawarman, Samarinda.
- [12] Mentari, V.A dan Maulina, S. 2018. *Perbandingan Gugus Fungsi dan Morfologi Permukaan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Aktivator Asam Fosfat (H₃PO₄) dan Asam Nitrat (HNO₃)*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- [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] Jasmal. 2015. *Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Ijuk Phom Arem terhadap ion Pb²⁺*. *Jurnal Sainsmat*. 4 (1) : 57-66.