

## Penentuan Konstanta Isotherm Freundlich dan Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Terhadap Asam Asetat

### Determination of Isotherm Freundlich Constant and Adsorption Kinetics of Activated Carbon to Acetic Acid

Dwi Setyorini<sup>a\*</sup>, Andi Arninda<sup>a</sup>, Achmad Qodim Syafaatullah<sup>a</sup> and Renova Panjaitan<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Politeknik ATI Makassar, Jl. Sunu No.220, Tallo, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90211, Indonesia

<sup>b</sup>Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur. Jl Rungkut Madya No,1, Kota Surabaya, Jawa Timur, 60294, Indonesia

#### Artikel histori :

Diterima 14 September 2023  
Diterima dalam revisi 5 Oktober 2023  
Diterima 6 Oktober 2023  
Online 1 November 2023

**ABSTRAK:** Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan. Salah satu senyawa yang dapat diserap yaitu asam asetat. Untuk mengetahui kinerja adsorben lebih lanjut, maka diperlukan studi kinetika berdasarkan persamaan isotherm freundlich. Isotherm freundlich mampu menunjukkan jenis adsorpsi apakah secara kimisorpsi atau fisisorpsi dan berlangsung secara multilayer. Studi kinetika *pseudo first order* dan *pseudo second order* dimaksudkan untuk mengetahui mekanisme dan karakteristik adsorpsi yang berlangsung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konstanta isotherm freundlich dan kinetika adsorpsi karbon aktif terhadap asam asetat. Konsentrasi asam asetat yang digunakan untuk mengetahui konstanta freundlich yaitu 0,5M, 0,25M, 0,125M, 0,0625M, 0,03125M dengan lama waktu kontak selama 10 menit. Sedangkan kinetika adsorpsi dilakukan dengan menggunakan asam asetat yang berkonsentrasi 0,5 M dengan waktu adsorpsi 2 menit, 4 menit, 6 menit, 8 menit dan 10 menit. Kemudian filtrat di titrasi dengan NaOH 0,1N. Ukuran karbon aktif yang digunakan antara lain 180 mess, 420 mess dan 600 mess. Data yang diperoleh dianalisis dengan persamaan freundlich, *pseudo first order* dan *pseudo second order*. Data analisis yang didapatkan nilai konstanta freundlich yaitu sebesar 50,00342 dan memenuhi kinetika orde dua yang artinya, proses adsorpsi dipengaruhi lebih dari satu faktor.

**Kata Kunci:** Isotherm Freundlich; Pseudo first order; Pseudo second order

**ABSTRACT:** Activated carbon is one of the most frequently used adsorbents. One of the compounds that can be absorbed is acetic acid. In order to know the adsorbent performance further, it is necessary to study the kinetics based on the freundlich isotherm equation. The freundlich isotherm is able to show the type of adsorption whether by chemisorption or physisorption and takes place in a multilayer manner. The first-order and second-order pseudo-kinetic studies are intended to determine the adsorption mechanism and characteristics that take place. This study aims to determine the freundlich isotherm constant and the adsorption kinetics of activated carbon on acetic acid. The concentration of acetic acid used to determine the freundlich constant is 0.5 M, 0.25 M, 0.125 M, 0.0625 M, 0.03125 M with a contact time of 10 minutes. While the adsorption kinetics was carried out using acetic acid with a concentration of 0.5 M with an adsorption time of 2 minutes, 4 minutes, 6 minutes, 8 minutes and 10 minutes. Then the filtrate was titrated with 0.1N NaOH. The sizes of activated carbon used include 180 mess, 420 mess and 600 mess. The data obtained were analyzed using the freundlich equation, pseudo first order and pseudo second order. The analysis data obtained is the freundlich constant value of 50.00342 and fulfills second order kinetics, which means that the adsorption process is influenced by more than one factor.

**Keywords:** Freundlich Isotherm, Pseudo first order, Pseudo second order

\* Corresponding Author  
Email: dwi@atim.ac.id

## 1. Pendahuluan

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh adsorben terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan adsorben karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan adsorben tanpa meresap kedalam hingga tercapai kesetimbangan (Meila Anggriani et al., 2021; Mhemeed, 2018; Yousef et al., 2020). Adsorben dapat terbuat dari berbagai macam material seperti bentonite, zeolite, sekam dan yang paling sering digunakan adalah karbon aktif (Murthihapsari et al., 2017). Karbon aktif merupakan suatu karbon yang memiliki kemampuan daya serap baik setelah melewati proses aktivasi dengan karbonisasi pada suhu tinggi sehingga pori – pori yang dimiliki arang akan terbuka dan mampu menjadi adsorben (Bello et al., 2016; Budhiary & Sumantri, 2021). Karbon aktif terbuat dari biomassa seperti tempurung kelapa, tongkol jagung, sekam padi, serbuk gergaji (Pemantapan et al., 2014a).

Karbon aktif telah dimanfaatkan sebagai zat penyerap dalam proses pengolahan limbah cair industri dan terbukti efektif dalam menangkap ion-ion logam berat seperti Hg, Cu, Fe (Agustinus et al., 2013). Sedangkan karbon aktif yang digunakan untuk menyerap bahan organik seperti  $H_3PO_4$  maupun zat warna seperti *methyl orange* memerlukan aktivator bahan kimia seperti HCl,  $ZnCl_2$  maupun  $CaCl_2$  (Hartanto et al., 2019). Dalam studi ini dilakukan adsorpsi pada bahan organik dengan aktivasi secara fisika yaitu melalui pemanasan dengan menggunakan suhu  $110^\circ C$ .

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi suatu zat dapat menempel pada adsorben, yang menimbulkan pola isotherm dan kinetika tertentu yang menjadi model proses adsorpsi. Studi isotherm dan kinetika adsorpsi diperlukan oleh Industri yang melibatkan proses adsorpsi seperti sintesis resin, pengolahan air, dan lain-lain. Studi isotherm diperlukan untuk mengetahui efektifitas daya serap adsorben.

Kinetika adsorpsi untuk asam asetat ke karbon aktif dipelajari dengan menggunakan data eksperimen dalam bentuk linear dan non-linear dari model orde pertama dan kedua semu. Pemodelan kinetika adsorpsi dengan menggunakan pseudo orde satu, pseudo orde dua dan lain – lain sesuai dengan jenis adsorben dan adsorbatnya (William Kajjumba et al., 2019). Kinetika adsorpsi adalah faktor penting dalam penentuan efektifitas penyerapan. Kinetika adsorpsi secara umum menggambarkan laju dimana zat terlarut teradsorpsi dan waktu tinggal adsorbat pada permukaan padat-cair (Musah et al., 2022). Kecepatan adsorpsi tergantung pada jumlah partikel yang menyerap pada permukaan adsorben per detik dan jumlah partikel yang bertumbukan dalam satuan luas per detik (Meera & Ganesan, 2015).

Kesetimbangan dan kapasitas adsorpsi dapat ditentukan melalui model isotherm seperti isotherm freundlich, Langmuir, Radlich Peterson, dan Temkin (Musah et al., 2022). Isotherm mengekspresikan interaksi antara adsorbat dengan adsorben apapun apakah adsorben sebagai adsorpsi monolayer atau multilayer serta sangat penting dalam mengoptimalkan penggunaan adsorben (Batool et al., 2018). Bentuk isotherm memberikan informasi mengenai stabilitas

interaksi antara adsorben dan adsorbat dan pada afinitas adsorpsi molekul. Isotherm adsorpsi dijelaskan dalam banyak bentuk matematis, Beberapa didasarkan pada deskripsi fisik adsorpsi yang disederhanakan, sementara yang lain bersifat empiris dan harus mengkorelasikan data eksperimen (Obaid, 2020).

Adsorpsi ion atau molekul pada permukaan adsorben yang terbatas pada monolayer lebih cocok menggunakan adsorpsi isotherm langmuir, sedangkan adsorpsi multilayer lebih cocok mengikuti persamaan adsorpsi isotherm freundlich (Budhiary & Sumantri, 2021). Selain itu, Isotherm freundlich dapat diterapkan proses adsorpsi yang terjadi pada permukaan heterogen. Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain suhu, pH, konsentrasi adsorbat, ukuran partikel dan luas permukaan (Wijayanti et al., 2018). Studi ini memberikan pemodelan yang digunakan untuk mengetahui kapasitas maksimal, laju adsorpsi, mekanisme serta faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi asam asetat menggunakan karbon aktif. Sehingga, mampu memprediksi jumlah karbon aktif dan waktu penyerapan optimal dalam suatu proses industri.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Alat dan Bahan

Bahan – bahan yang diperlukan antara lain  $CH_3COOH$  (Merck, 99%), Kristal NaOH (Merck), akuades, karbon aktif 180 mess, 420 mess dan karbon aktif 600 mess. Sedangkan peralatan yang digunakan yaitu oven (Hemmet), multistirrer, magnetic stirrer, stopwatch, alat gelas dan buret.

### 2.2 Eksperimen

#### 2.2.1 Reaktivasi Karbon Aktif

Karbon aktif yang berukuran 180 mess dan 600 mess di reaktivasi secara fisik melalui pemanasan. Karbon aktif dipanaskan menggunakan oven (Hemmet) pada suhu  $105^\circ C$  selama 30 menit.

#### 2.2.2 Proses Adsorpsi

Mula – mula  $CH_3COOH$  diencerkan dalam beberapa konsentrasi dengan penambahan akuades sesuai hasil perhitungan stoikiometri. Selanjutnya, karbon aktif ditimbang sebanyak 0,5 gram untuk ditambahkan kedalam 25 ml  $CH_3COOH$ . Sebanyak 25 ml larutan  $CH_3COOH$  dimasukkan ke dalam beaker glass yang telah berisi magnetic stirrer. Selanjutnya diletakkan diatas multistirrer. Ketika magnetic stirrer sudah berputar secara stabil, dimasukkan karbon aktif bersamaan dengan nyala stopwatch. 10 menit kemudian, larutan tersebut disaring, diukur volume filtratnya dan dilakukan proses titrasi.

#### 2.2.3 Titrasi

Proses titrasi digunakan untuk mengetahui berapa konsentrasi akhir dari  $CH_3COOH$ . Mula – mula kristal NaOH dilarutkan dengan sejumlah akuades hingga terbentuk larutan NaOH 0,1 N. Selanjutnya menganbil 5 ml filtrat dan ditambahkan indikator pp sebanyak 2 tetes. Kemudian proses titrasi dilakukan hingga larutan berwarna pink seulas.

Selanjutnya data yang didapat, dianalisa kesetimbangan adsorpsinya menggunakan persamaan adsorpsi isotherm freundlich. Sedangkan laju dari proses penyerapan dianalisa dengan menggunakan pseudo first order dan pseudo second order.

### 2.3 Analisis

#### 2.3.1 Adsorpsi Isotherm Freundlich

Proses adsorpsi antara adsorbat dengan adsorben dapat dievaluasi dengan menggunakan persamaan freundlich seperti berikut:

$$\frac{x}{m} = K_F C_e^{1/n} \quad (1)$$

Keterangan :

$x/m$  menunjukkan massa adsorbat yang teradsorpsi per satuan massa adsorben (mg adsorbat / g adsorben)

$K_F$  adalah konstanta isotherm freundlich

$C_e$  menunjukkan konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi (mg/g)

$n$  adalah konstanta empiris

Persamaan freundlich dapat digunakan dalam bentuk linier dengan memperoleh logaritma dari kedua sisi persamaan seperti berikut ini:

$$\text{Log } \frac{x}{m} = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2)$$

Bentuk persamaan linier diatas, untuk mengetahui kesesuaian proses adsorpsi yang berlangsung dengan kaidah isotherm freundlich dan menentukan nilai dari konstanta isotherm freundlich. Ketika hasil dari plot antara  $\log x/m$  dengan  $\log C_e$  adalah linier, maka adsorpsi tersebut memenuhi kaidah isotherm freundlich. Nilai *intercept* merupakan nilai dari  $\log K$ , sedangkan slope menunjukkan nilai dari  $1/n$  (Sariana Sarana Miri, n.d.).  $1/n$  merupakan intensitas adsorpsi atau heterogenitas permukaan yang menunjukkan distribusi relatif energi dan heterogenitas situs adsorbat. Nilai  $n$  ( $n > 1$ ) yang lebih tinggi menunjukkan adsorpsi yang menguntungkan, sedangkan  $n < 1$  mewakili karakteristik adsorpsi yang buruk (Yang et al., 2013).

#### 2.3.2 Pseudo First order

Kinetika pseudo first orde berdasarkan persamaan langgergen, seperti berikut :

$$\frac{dC_t}{dt} = k_1 (C_s - C_t) \quad (3)$$

Keterangan :

$t$  adalah waktu adsorpsi (menit)

$C_s$  menunjukkan konsentrasi adsorbat maksimum yang teradsorpsi (M)

$C_t$  menunjukkan konsentrasi adsorbat setelah adsorpsi pada waktu tertentu (M)

$k_1$  adalah konstanta adsorpsi orde satu ( $\text{min}^{-1}$ )

Kemudian integralkan persamaan (3) dengan kondisi batas  $C_t = 1$  pada  $t = 0$  dan  $C_t = C_1$  pada  $t = t$ , sehingga persamaan akan berubah menjadi :

$$\ln (C_s / (C_s - C_t)) = k_1 t \quad (4)$$

Bentuk Linier dari persamaan (4) dapat diformulasikan menjadi :

$$\log (C_s - C_t) = \log(C_s) - \frac{k_1}{2,303} t \quad (5)$$

Kemudian buat grafik antara  $\log (C_s - C_t)$  dengan  $t$  untuk mendapatkan nilai regresi, slope dan intercept dari persamaan garis yang terbentuk (Setyorini, 2022). Nilai – nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju reaksi untuk orde satu ( $k_1$ ) dan nilai kapasitas adsorpsi ( $C_s$ ).

#### 2.3.2 Pseudo second order

Persamaan kinetika orde dua untuk laju adsorpsi diformulasikan sebagai berikut :

$$dC_t/dt = k_2 (C_s - C_t)^2 \quad (6)$$

Dimana  $k_2$  adalah konstanta laju ekstraksi untuk orde dua ( $\text{min}^{-1}$ ). Apabila dilakukan pengelompokan variabel, maka persamaan (6) menjadi :

$$dC_t / (C_s - C_t)^2 = k_2 dt \quad (7)$$

Setelah persamaan (7) diintegrasikan menggunakan kondisi batas  $C_t = 0$  pada  $t = 0$  dan  $C_t = C_t$  pada  $t = t$  dengan melakukan penataan ulang, maka akan didapatkan persamaan (10) seperti berikut:

$$\frac{1}{(C_s - C_t)} - \frac{1}{C_s} = k_2 dt \quad (8)$$

$$C_t = C_s - \frac{C_s^2}{1 + C_s k_2 t} \quad (9)$$

$$C_t = \frac{C_s^2 k_2 t}{1 + C_s k_2 t} \quad (10)$$

Bentuk liner dari persamaan (10) di formulasikan sebagai berikut :

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{k_2 C_s^2} + \frac{t}{C_s} \quad (11)$$

Laju adsorpsi ( $C_t/t$ ) dapat diperoleh dari persamaan (12) sebagai berikut :

$$\frac{C_t}{t} = \frac{1}{\left(\frac{1}{k_2 C_s^2}\right) + \left(\frac{t}{C_s}\right)} \quad (12)$$

Laju awal adsorpsi adalah  $h$ , dengan  $C_t = t$  ketika  $t$  mendekati 0, dapat didefinisikan sebagai :

$$h = k_2 C_s^2 \quad (13)$$

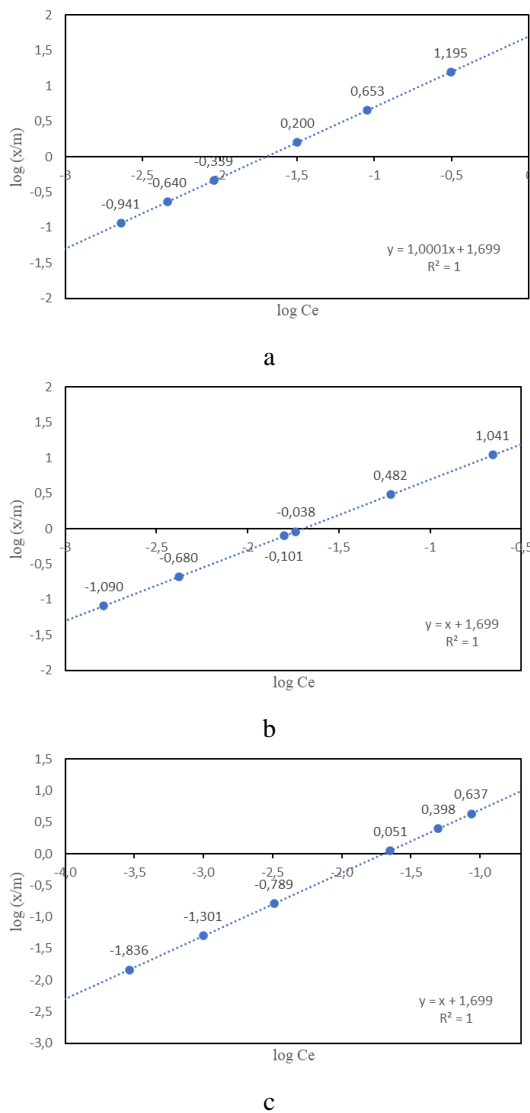
Sehingga, persamaan (10) dapat diubah sehingga didapatkan:

$$\frac{t}{C_t} = \frac{t}{C_s} + \frac{1}{h} \quad (14)$$

Dengan membuat grafik antara  $(t/C_t)$  dengan  $t$ , akan didapatkan nilai *slope* dan *intercept* yang digunakan untuk menentukan konstanta laju adsorpsi orde dua ( $k_2$ ) (Qodim, 2022).

### 3. Hasil dan Pembahasan

Isoterm adsorpsi digunakan untuk menentukan kesetimbangan antara adsorpsi dan interaksi adsorben adsorbat (Shamsuddin et al., 2014). Hal ini merupakan parameter penting untuk menggambarkan hubungan antara jumlah konsentrasi  $\text{CH}_3\text{COOH}$  yang teradsorpsi dengan konsentrasi kesetimbangannya (Pemantapan et al., 2014b). Berdasarkan gambar 1, dapat diketahui bahwa ukuran partikel karbon aktif, tidak mempengaruhi nilai konstanta adsorpsi isotherm freundlich ( $K_f$ ).

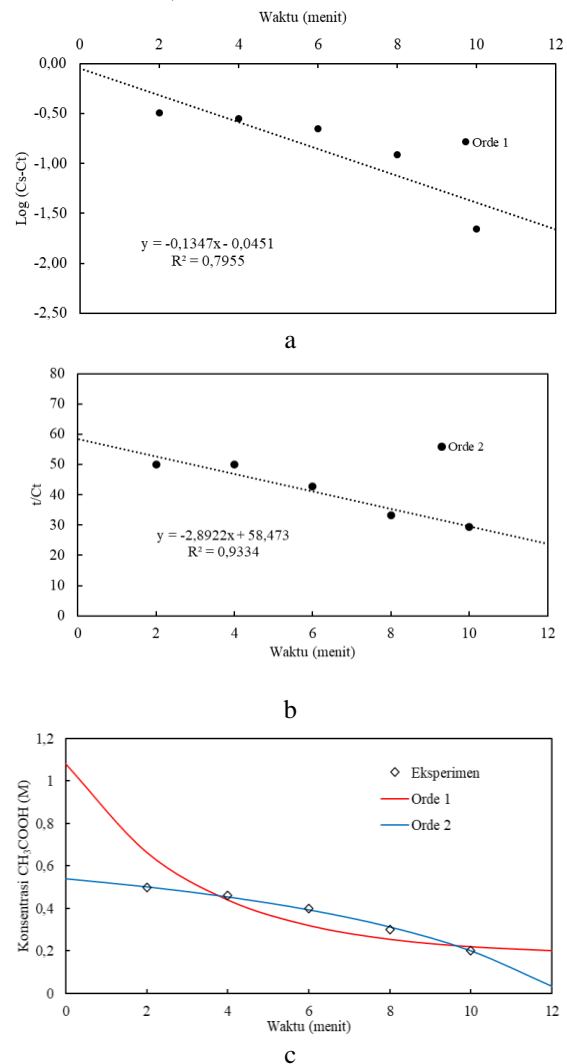


Gambar 1. Grafik antara  $\log(x/m)$  dengan  $\log C_e$  untuk menentukan konstanta isoterm freundlich (a) Karbon aktif 180 mess (b) Karbon aktif 420 mess (c) Karbon aktif 600 mess

Berdasarkan Gambar 1, dapat diketahui bahwa adsorpsi  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan menggunakan karbon aktif sesuai dengan adsorpsi isotherm freundlich. Hal ini dapat dilihat dari terbentuknya garis linier dan nilai regresi ( $R^2$ ) = 1. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi adsorpsi multilayer pada

permukaan adsorben yang heterogen dengan *site* energi yang berbeda atau tanpa memiliki istilah saturasi (Shamsuddin et al., 2014; Siyal et al., 2020). Nilai konstanta adsorpsi freundlich ( $K_f$ ) dari proses adsorpsi yang melibatkan asam asetat sebagai adsorbat dan karbon aktif sebagai adsorben yaitu sebesar 50,00345. Nilai  $n$  adalah indikator perubahan intensitas proses adsorpsi dan juga ukuran penyimpangan dari linearitas adsorpsi. Dalam penelitian ini nilai  $n=1$  yang menunjukkan bahwa adsorpsi antara asam asetat dan karbon aktif sesuai dengan persamaan adsorpsi isotherm freundlich dan menunjukkan bahwa adsorpsi asam asetat menggunakan karbon aktif menguntungkan.

Pada proses adsorpsi secara *batch*, studi kinetika memberikan informasi mengenai kondisi optimum, mekanisme penyerapan, dan langkah pengendalian laju yang dapat dilakukan (Batool et al., 2018). Oleh karena itu, bentuk linear dan nonlinear kinetika orde pertama dan orde kedua diterapkan untuk adsorpsi. Kinetika adsorpsi penting dalam menentukan serapan adsorbat oleh adsorben dan waktu yang dibutuhkan untuk penyelesaian proses adsorpsi (Salman Naeem et al., 2018).



Gambar 2. Kinetika adsorpsi karbon aktif terhadap  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (a) model *pseudo first order* (b) model *pseudo second order* (c) perbandingan model kinetika adsorpsi

Gambar 2 (a) dan (b) menunjukkan grafik Log (Cs-Ct) vs waktu dan grafik t/Ct vs waktu. *Pseudo first order* menggambarkan proses dengan satu mekanisme. Sedangkan *pseudo second order* menggambarkan adanya 2 mekanisme yang terjadi (Haqqyana et al., 2022). Linearitas grafik yang tertera pada Gambar 2, menunjukkan penerapan kedua pemodelan kinetika. Namun, koefisien determinasi R<sup>2</sup> menunjukkan bahwa model yang sesuai yaitu *pseudo second order*. Hal ini mengindikasikan mekanisme adsorpsi yaitu secara kimia (Kimisorpsi) (Panda et al., 2017). Hal ini menunjukkan bahwa ikatan antara adsorben dengan adsorbat kuat dan tidak mudah melakukan desorpsi.

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa model kinetika *pseudo first order* untuk adsorpsi asam asetat dengan karbon aktif nilai koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) sebesar 0,795. Nilai tersebut lebih kecil apabila dibandingkan dengan nilai koefisien determinasi *pseudo second order* yaitu 0,933. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi asam asetat menggunakan karbon aktif lebih sesuai menggunakan persamaan *pseudo second order*. Karena nilai koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) orde lebih baik dibandingkan dengan orde satu. Semakin besar nilai koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) mendekati 1, maka persamaan tersebut telah mewakili kejadian yang sebenarnya (Kusuma & Mahfud, 2016).

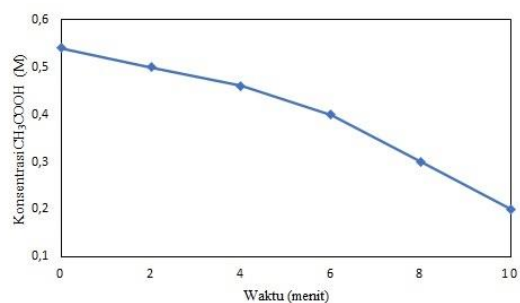
**Tabel 1.** Konstanta laju kinetika adsorpsi model pseudo first orde dan pseudo second orde

Adsorben	Model Kinetika			
	Orde 1		Orde 2	
Karbon Aktif	Slope	-0,135	Slope	-2,892
	k	0,310	K	0,143
	Intercept	-0,045	Intercept	58,473
	Cs	0,179	Cs	0,194
	R <sup>2</sup>	0,795	R <sup>2</sup>	0,933
	RSME	0,085	RSME	0,007

Nilai konstanta laju adsorpsi (k<sub>2</sub>) sebesar 0,143 mL/g.min, sedangkan kapasitas maksimum ekstraksi (Cs) yang didapat sebesar 0,194 mg/mL. Kesesuaian model kinetika yang dipilih juga dapat dilihat dari nilai RSME yang menunjukkan besar kesalahan antara nilai model kinetika dengan nilai sebenarnya. Nilai RSME sebanding perbedaan model kinetika dengan nilai aktual (Kusuma et al., 2016). Kesesuaian dengan studi kinetika orde 2 menunjukkan bahwa adsorpsi berlangsung dengan dipengaruhi lebih dari 1 faktor.

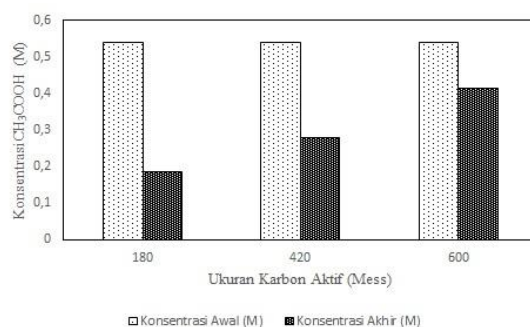
Salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi adalah waktu kontak. Jumlah asam asetat yang terserap karbon aktif semakin meningkat seiring dengan waktu kontak. Proses penyerapan terjadi hingga mencapai titik jenuh yang berakibat pada terhentinya proses adsorpsi (Aulia & Mu, 2021). Pengaruh lama kontak antara karbon aktif dengan asam asetat dengan penurunan konsentrasi asam asetat

tersaji pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui bahwa konsentrasi asam asetat menurun seiring dengan waktu kontak nya. Hal ini disebabkan interaksi antar partikel yang saling bertumbukan seiring dengan waktu kontak, sehingga adsorbat akan menempel ke adsorben. Ketika terjadi kontak antara asam asetat dengan karbon aktif, terjadi dua proses yang berjalan bersamaan, yaitu adsorpsi dengan desorpsi (Panda et al., 2017). Titik kesetimbangan tercapai saat laju adsorpsi sama dengan laju desorpsi. Waktu yang dibutuhkan mulai kontak antara karbon aktif dengan asam asetat sampai terjadinya kesetimbangan, menunjukkan bahwa seluruh bagian permukaan karbon aktif telah terisi oleh asam asetat.



Gambar 3. Pengaruh waktu kontak terhadap penurunan konsentrasi CH<sub>3</sub>COOH

Selain lama waktu kontak, faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi yaitu ukuran partikel adsorben. Berdasarkan Gambar 4, hubungan antara ukuran karbon aktif dengan konsentrasi asam asetat yang terserap yaitu berbanding terbalik. Dimana pada karbon aktif yang berukuran 180 mesh, mampu menyerap CH<sub>3</sub>COOH lebih banyak dibandingkan dengan ukuran lainnya. Hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran partikel, maka semakin besar luas permukaan adsorben (Rápó & Tonk, 2021). Artinya, area kontak antara asam asetat dengan karbon aktif semakin besar. Sehingga proses adsorpsi semakin maksimal.



Gambar 4. Pengaruh ukuran karbon aktif terhadap konsentrasi akhir CH<sub>3</sub>COOH

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa adsorpsi asam asetat menggunakan karbon aktif

sesuai dengan kaidah adsorpsi isotherm freundlich dengan nilai Kf sebesar 50,00345. Selain itu, kinetika adsorpsi yang sesuai yaitu pseudo second orde, dimana nilai R<sup>2</sup> yang didapatkan lebih besar dari pada pseudo first orde dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,933. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi dipengaruhi lebih dari satu faktor.

## Daftar Pustaka

- Agustinus, E. T. S., Mursito, A. T., & Sembiring, H. (2013). Peningkatan Daya Serap Karbon Aktif Terhadap Ion Logam Hexavalent Chromium (CrVI) Melalui Modifikasi Dengan Cationic Surfactant (Ethylenediamine). *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 23(1), 15. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2013.v23.66>
- Aulia, M., & Mu, B. (2021). Studi Isoterm dan Kinetika Adsorpsi COD (Chemical Oxygen Demand) Pada Air Sungai Terhadap Karbon Aktif Kayu Ulin. <https://doi.org/https://doi.org/10.20527/jernih.v4i2.959>
- Batool, F., Akbar, J., Iqbal, S., Noreen, S., & Bukhari, S. N. A. (2018). Study of Isothermal, Kinetic, and Thermodynamic Parameters for Adsorption of Cadmium: An Overview of Linear and Nonlinear Approach and Error Analysis. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/3463724>
- Bello, A., Manyala, N., Barzegar, F., Khaleed, A. A., Momodu, D. Y., & Dangbegnon, J. K. (2016). Renewable Pine Cone Biomass Derived Carbon Materials for Supercapacitor Application. *RSC Advances*, 6(3), 1800–1809. <https://doi.org/10.1039/c5ra21708c>
- Budhiary, K. N. S., & Sumantri, I. (2021). Langmuir and Freundlich Isotherm Adsorption Using Activated Charcoal from Banana Peel to Reduce Total Suspended Solid (TSS) Levels In Tofu Industry Liquid Waste. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1053(1), 012113. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1053/1/012113>
- Haqqyana, H., Altway, A., & Mahfud, M. (2022). Kinetic Modeling for Microwave-Assisted Green Extraction: Effects of Power on Citronella oil from Cymbopogon Nardus Leaf. *International Journal of Applied Science and Engineering*, 19(4). [https://doi.org/10.6703/IJASE.202212\\_19\(4\).007](https://doi.org/10.6703/IJASE.202212_19(4).007)
- Hartanto, D., Studi Kimia, P., & Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F. (2019). Ekstraksi Karbon Aktif Bebas Silika Dari Arang Sekam Padi Untuk Adsorpsi Zat Warna Methyl Orange. In *Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan* (Vol. 9, Issue 1). Calibri.
- Kusuma, H. S., Amelia, P. D., Admiralia, C., & Mahfud, M. (2016). Kinetics Study of Oil Extraction from Citrus auranticum L. By Solvent-Free Microwave Extraction. *Communications in Science and Technology*, 1(1), 15–18. <https://doi.org/10.21924/cst.1.1.2016.3>
- Kusuma, H. S., & Mahfud, M. (2016). Preliminary Study: Kinetics of Oil Extraction from Sandalwood by Microwave-Assisted Hydrodistillation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 128(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/128/1/012009>
- Meera, M. S., & Ganesan, T. K. (2015). Adsorption Isotherm and Kinetics Studies of Cadmium (II) Ions Removal Using Various Activated Carbons Derived from Agriculture Bark Wastes: A Comparative Study. Available Online [www.jocpr.com](http://www.jocpr.com) *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(4), 1194–1200. [www.jocpr.com](http://www.jocpr.com)
- Meila Anggriani, U., Hasan, A., Purnamasari, I., Teknik Kimia, J., Sriwijaya, N., Srijaya, J., Bukit, N., & Palembang, B. (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb). *Jurnal Kinetika*, 12(02), 29–37. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>
- Mhemeed, A. (2018). A General Overview on the Adsorption Determination of Ofloxacin in Pure and Pharmaceutical Formulation using Reagent 2-amino-6-Nitrobenzothiazole by Visible Spectrophotometric Method View project. [www.tnsroindia.org.in](http://www.tnsroindia.org.in)
- Murthihapsari, M., Mangallo, B., & Handyani, D. D. (2017). Model Isoterm Freundlich dan Langmuir oleh Adsorben Arang Aktif Bambu Andong (*G. verticillata* (Wild) Munro) dan Bambu Ater (*G. atter* (Hassk) Kurz ex Munro). *Jurnal Sains Natural*, 2(1), 17. <https://doi.org/10.31938/jsn.v2i1.31>
- Musah, M., Azeh, Y., Mathew, J., Umar, M., Abdulhamid, Z., & Muhammad, A. (2022). Adsorption Kinetics and Isotherm Models: A Review. *Caliphate Journal of Science and Technology*, 4(1), 20–26. <https://doi.org/10.4314/cajost.v4i1.3>
- Obaid, S. A. (2020). Langmuir, Freundlich and Tamkin Adsorption Isotherms and Kinetics for the Removal Aartichoke Tournfortii Straw from Agricultural Waste. *Journal of Physics: Conference Series*, 1664(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1664/1/012011>
- Panda, H., Tiadi, N., Mohanty, M., & Mohanty, C. R. (2017). Studies On Adsorption Behavior Of An Industrial Waste For Removal Of Chromium From Aqueous Solution. *South African Journal of Chemical Engineering*, 23, 132–138. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2017.05.002>
- Pemantapan, ", Kimia, R., Dalam, A., Berbasis, P., Saintifik, P., Ulfan, I., Juwono, H., & Al Indis, D. N. (2014a). Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia VI Makalah Pendamping Kimia Analitik Adsorpsi Ion Cr(VI) Menggunakan Karbon Aktif yang Terbuat dari Tempurung Biji Nyamplung (*Calopyllum inophyllum* Linn).
- Qodim, A. (2022). Kinetika Lawsonia Inermis L. Menggunakan Ultrasound-Assisted Extraction dengan Pelarut Air. In *JTKM* (Vol. 1, Issue 2).
- Rápó, E., & Tonk, S. (2021). Factors Affecting Synthetic Dye Adsorption; Desorption Studies: A Review of Results from the Last Five Years (2017–2021). *Molecules*, 26(17), 5419. <https://doi.org/10.3390/molecules26175419>
- Salman Naeem, M., Javed, S., Baheti, V., Wiener, J., Javed, M. U., Ul Hassan, S. Z., Mazari, A., & Naeem, J. (2018).

- Adsorption Kinetics of Acid Red on Activated Carbon Web Prepared from Acrylic Fibrous Waste. *Fibers and Polymers*, 19(1), 71–81. <https://doi.org/10.1007/s12221-018-7189-5>
- Sariana Sarana Miri, N. (n.d.). Volume 2. Nomor 2. Tahun 2022 *JURNAL KIMIA DAN REKAYASA Review : Kajian Persamaan Isoterm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (II) dengan Zeolit dan Karbon Aktif dari Biomassa Review : Equation Study of Langmuir and Freundlich Isotherms on Adsorption of Heavy Metal Fe (II) with Zeolite and Activated Carbon from Biomass.* <http://kireka.setiabudi.ac.id>
- Setyorini, D. (2022). Kinetika Ekstraksi Hidrotermal Senyawa Fenolik *Gracilaria Sp* (Vol. 1, Issue 1).
- Shamsuddin, R. M., Verbeek, C. J. R., & Lay, M. C. (2014). Producing Protein Intercalated Bentonite - Equilibrium, Kinetics and Physical Properties Of Gelatin-Bentonite System. *Applied Clay Science*, 87, 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2013.11.023>
- Siyal, A. A., Shamsuddin, R., Low, A., & Hidayat, A. (2020). Adsorption Kinetics, Isotherms, and Thermodynamics of Removal of Anionic Surfactant from Aqueous Solution Using Fly Ash. *Water, Air, and Soil Pollution*, 231(10). <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04879-2>
- Wijayanti, A., Susatyo, E. B., Kurniawan, C., & Sukarjo, D. (2018). Indonesian Journal of Chemical Science Adsorpsi Logam Cr(VI) dan Cu(II) pada Tanah dan Pengaruh Penambahan Pupuk Organik. In *J. Chem. Sci* (Vol. 7, Issue 3). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- William Kadjumba, G., Emik, S., Öngen, A., Kurtulus Özcan, H., & Aydın, S. (2019). Modelling of Adsorption Kinetic Processes—Errors, Theory and Application. In *Advanced Sorption Process Applications*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.80495>
- Yang, S., Zhao, Y., Chen, R., Feng, C., Zhang, Z., Lei, Z., & Yang, Y. (2013). A Novel Tablet Porous Material Developed As Adsorbent For Phosphate Removal And Recycling. *Journal of Colloid and Interface Science*, 396, 197–204. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2012.12.077>
- Yousef, R., Qiblawey, H., & El-Naas, M. H. (2020). Adsorption As A Process For Produced Water Treatment: A Review. In *Processes* (Vol. 8, Issue 12, pp. 1–22). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/pr8121657>