

KINETIKA ADSORPSI KARBON AKTIF DALAM PENURUNAN KONSENTRASI LOGAM TEMBAGA (Cu) DAN TIMBAL (Pb)

KINETIC ADSORPTION OF ACTIVATED CARBON IN DECREASING CONCENTRATIONS OF COPPER (Cu) AND LEAD (Pb) METALS

Ulfa Meila Anggriani*¹, Abu Hasan¹, Indah Purnamasari¹

¹(Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya)
Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang, Telp. (0711) 353414,116/ Fax (0711)355918
*e-mail : ulfamey75@gmail.com

ABSTRACT

Heavy metals cause environmental pollution and affect human health because they are toxic. Cu and Pb are heavy metals that are often found in environmental pollution. One of the methods to reduce Cu (II) and Pb (II) metal content is adsorption using activated carbon. The purpose of this study was to determine the ability of activated carbon to absorb Cu (II) and Pb (II) metals, as well as to calculate its kinetics and adsorption capacity. Activated carbon with a certain amount (1 g and 1.5 g) is added to 50 ml of Cu (II) and Pb (II) metal solution for a certain time (0 - 40 minutes). The results obtained after the adsorption process were analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). From the results of AAS analysis, it was found that activated carbon with a mass of 1.5 grams and a contact time of adsorption for 40 minutes was the most effective in reducing the concentration of Cu (II) and Pb (II) metals. Cu (II) metal adsorption follows Freundlich adsorption isotherm model while Pb (II) metal follows Langmuir adsorption isotherm model. The adsorption kinetics pattern of Cu (II) and Pb (II) metals follows second order kinetic adsorptions.

Keywords: Activated Carbon, Cu (II) and Pb (II) Metals, Adsorption Isotherm, Adsorption Kinetics

1. PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) semakin maju seiring perkembangan zaman. Kemajuan IPTEK ini memicu pesatnya pertumbuhan industri sehingga berdampak negatif terhadap lingkungan jika tidak memperhatikan pengolahan terhadap limbah yang dihasilkan. Pengolahan limbah yang buruk dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan (Muna, 2011).

Pencemaran dapat menghancurkan tatanan lingkungan hidup, salah satunya adalah pencemaran yang diakibatkan oleh limbah dengan daya racun (toksisitas) yang tinggi (Suarsa, 2015). Limbah-limbah yang beracun pada umumnya berbentuk cair dan mengandung bahan kimia seperti logam berat (Nurhasni dkk, 2014). Menurut Leonas dan Michael (1994), tembaga (Cu) dan timbal (Pb) termasuk ke dalam jenis logam berat. Pb merupakan salah satu jenis logam berat yang memiliki tingkat toksisitas tinggi. Sumber utama Pb yang masuk ke lingkungan berasal dari limbah industri seperti industri baterai, industri bahan bakar, pengecoran maupun pemurnian, dan industri kimia lainnya (Safrianti dkk, 2012). Jika terserap ke dalam tubuh manusia, Pb dapat menyebabkan kecerdasan anak menurun, pertumbuhan tubuh terhambat, bahkan dapat menimbulkan kelumpuhan. (Widayatno dkk., 2017). Sementara itu, logam tembaga (Cu) termasuk logam berat esensial, jadi meskipun beracun tetapi sangat

dibutuhkan manusia dalam jumlah yang kecil. Toksisitas yang dimiliki Cu baru akan bekerja bila telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah yang besar atau melebihi nilai toleransi organisme terkait. Beberapa gejala keracunan tembaga adalah sakit perut, mual, muntah, diare dan beberapa kasus yang parah dapat menyebabkan gagal ginjal dan kematian (Astandana dkk, 2016).

Menyikapi bahaya yang dapat ditimbulkan oleh Cu dan Pb, banyak metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar Pb dan Cu yaitu dengan proses adsorpsi, pertukaran ion (*ion exchange*), pemisahan dengan membran, dan pengendapan (Suarsa, 2015). Proses adsorpsi lebih banyak dipakai dalam industri karena mempunyai beberapa keuntungan, yaitu lebih ekonomis dan juga tidak menimbulkan efek samping yang beracun serta mampu menghilangkan bahan-bahan organik (Nurhasni dkk, 2014). Salah satu adsorben yang sering digunakan dalam adsorpsi logam adalah karbon aktif. Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon dan memiliki daya serap yang sangat besar (Sembiring dan Sinaga, 2003).

Sebelumnya, telah banyak dilakukan penelitian mengenai adsorpsi logam Cu dan Pb menggunakan karbon aktif diantaranya adalah penelitian kesetimbangan adsorpsi logam Cu menggunakan karbon aktif dari ampas tebu sebagai adsorben oleh Astandana dkk (2016). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa adsorpsi karbon aktif adalah 97,1%. Begitupun dengan

penelitian yang dilakukan oleh Nafi'ah (2016) mengenai adsorpsi logam Pb menggunakan karbon aktif dari sabuk siwalan. Pada penelitian tersebut digunakan variasi waktu yaitu 30, 60, 90, dan 120 menit. Waktu kontak optimum pada penelitian tersebut dicapai menit ke-30 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,083 mg/g. Adapun penelitian-penelitiannya seperti yang dilakukan oleh Wahyuni dkk (2017) yang menggunakan arang aktif dari biji kapuk untuk mengadsorpsi logam Pb, penelitian Widayatno dkk (2017) yang mengadsorpsi logam Pb pada limbah cair menggunakan adsorben arang aktif dari bambu, serta penelitian yang dilakukan oleh Previanti dkk (2015) tentang daya serap dan karakteristik arang aktif dari tulang sapi terhadap logam tembaga.

Maka berdasarkan paparan di atas, dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kapasitas dan kinetika adsorpsi karbon aktif terhadap penurunan kadar logam Cu dan Pb dengan variasi massa adsorben dan waktu kontak adsorpsi.

Karbon Aktif

Karbon aktif mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram, ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben (Sembiring dan Sinaga, 2003). Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-1000% terhadap berat karbon aktif (Sembiring dan Sinaga, 2003).

Karbon aktif merupakan adsorben dengan permukaan lapisan yang luas dengan bentuk butiran (*granular*) atau serbuk (*powder*). Karbon aktif tersedia dalam berbagai bentuk misalnya pelet (gravel, 0,8 - 5 mm), lembaran fiber, bubuk (PAC : powder active carbon, 0,18 mm atau US mesh 80) dan butiran-butiran kecil (GAC : Granular Active carbon, 0,2 - 5 mm) (Suarsa, 2015). Karbon aktif merupakan bahan yang multifungsi dimana hampir sebagian besar telah dipakai penggunaannya oleh berbagai macam jenis industri (Suarsa, 2015).

Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa menempelnya atom atau molekul suatu zat pada permukaan zat lain karena ketidakseimbangan gaya pada permukaan. Zat yang teradsorpsi disebut adsorbat dan zat pengadsorpsi disebut adsorben. Ada dua metode adsorpsi yaitu adsorpsi secara fisika (*physiosorption*) dan adsorpsi secara kimia (*chemisorption*). Pada proses adsorpsi secara fisika gaya yang mengikat adsorbat oleh adsorben adalah gaya-gaya van der Waals. (Ramadhani, 2013).

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi suatu bahan yaitu (Yahya, 2018):

- Karakteristik fisik dan kimia adsorben, antara lain luas permukaan, ukuran pori, adsorpsi kimia dan sebagainya.
- Karakteristik kimia adsorbat, antara lain ukuran molekul, polaritas molekul, komposisi kimia dan sebagainya.
- Konsentrasi adsorbat dalam larutan
- Karakteristik larutan, antara lain pH dan temperatur
- Lama waktu adsorpsi.

Kapasitas Adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan hubungan kesetimbangan antara konsentrasi pada fase cair dan konsentrasi pada partikel adsorben pada suhu tertentu. Adsorben yang baik memiliki kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi yang tinggi, kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q = \left(\frac{C_0 - C_e}{m} \right) \times V \quad (\text{kapasitas adsorpsi})$$

$$\% E = \left(\frac{C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}}{C_{\text{awal}}} \right) \times 100\% \quad (\text{efisiensi adsorpsi})$$

(Apriliani, 2010)

Dimana : q_e = kapasitas adsorpsi per bobot molekul(mg/g)

C_0 = konsentrasi awal larutan (mg/L)

C_e = konsentrasi akhir larutan (mg/L)

V = volume larutan (mL)

m = massa adsorben yang digunakan (g)

$\%E$ = Efisiensi adsorpsi

Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi adalah proses adsorpsi yang berlangsung pada temperatur tetap. Model isoterm adsorpsi yang paling umum dan banyak digunakan dalam adsorpsi adalah model isoterm Langmuir dan model isoterm Freundlich (Hafiyah, 2013).

- Isoterm Freundlich
Untuk mengevaluasi adsorpsi adsorbat dengan adsorben digunakan persamaan Freundlich sebagai berikut:

$$q_e = K_F \cdot C_e^{1/n} \quad \dots\dots\dots(1)$$

(Ho, 2004)

Dimana:

q_e = Jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben (mg/g)

C_e = Konsentrasi zat terlarut dalam larutan setelah terjadi kesetimbangan adsorpsi.

K_F dan n = kapasitas adsorpsi dan intensitas adsorpsi

Sedangkan bentuk liniernya dapat terlihat dalam persamaan:

$$\log q_e = \log K_F + 1/n \log C_e \quad \dots\dots\dots(2)$$

(Ho, 2004)

Persamaan ini mengungkapkan bahwa bila suatu proses adsorpsi mengikuti isoterm Freundlich maka

log q_e terhadap log C_e akan menghasilkan garis lurus.

b. Isoterm Langmuir

Untuk mengevaluasi adsorpsi adsorbat dengan adsorben digunakan persamaan Langmuir sebagai berikut:

$$q_e = q_m \cdot K_L \frac{C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \dots\dots\dots(3)$$

(Ho, 2004)

Sedangkan bentuk liniernya dapat terlihat dalam persamaan :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m \cdot K_L} + \frac{C_e}{q_m} \dots\dots\dots(4)$$

(Ho, 2004)

Dimana:

q_m = Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

K_L = Konstanta adsorpsi Langmuir (L/mg)

Konstanta q_m dan K_L dapat diperoleh dari perpotongan dan kemiringan pada plot linear antara C_e/Q_e terhadap C_e .

Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi menyatakan adanya proses penyerapan suatu zat oleh adsorben dalam fungsi waktu. Karakteristik kemampuan penyerapan adsorben terhadap adsorbat dapat dilihat dari laju adsorpsinya. Laju adsorpsi dapat diketahui dari konstanta laju adsorpsi (k) dan orde reaksi yang dihasilkan dari suatu model kinetika adsorpsi (Hafiyah, 2013).

Model kinetika orde satu dan orde dua dinyatakan oleh persamaan:

$$\ln C_e = -k \cdot t + C_0 \quad \text{(Orde 1)}$$

(Ho, 2004)

$$\frac{1}{C_e} = k \cdot t + \frac{1}{C_0} \quad \text{(Orde 2)}$$

(Ho, 2004)

Model kinetika reaksi orde 1 dan orde 2 masing-masing parameter dihitung dengan menggunakan grafik $\ln C_e$ terhadap t dan $(1/C_e)$ terhadap t , Model yang sesuai dengan hasil penelitian adalah model kinetika dengan harga R^2 paling tinggi.

2. METODE PENELITIAN

Alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat laboratorium, sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah karbon aktif (merek Haycarb), aquades (merek Bratacamp), NaOH (merek Merck), $Cu(SO_4)$ (merek Merck), dan $Pb(NO_3)$ (merek Merck).

Prosedur penelitian ini meliputi adsorpsi logam Cu (II) dan Pb (II), Pengujian kadar logam menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) tipe GBC 932 Plus dengan menggunakan metode APHA, dan menghitung kapasitas dan kinetika adsorpsi logam Cu (II) dan Pb (II). Parameter yang diteliti adalah variasi

waktu kontak adsorpsi yaitu 10 menit, 20 menit, 30 menit, dan 40 menit dengan variasi massa karbon aktif yang digunakan yaitu 1 gram dan 1,5 gram serta volume adsorbat yang digunakan sebanyak 50 ml dengan konsentrasi 100 ppm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap kedalamnya (Dewi dkk, 2015).

Hasil yang diperoleh dari proses adsorpsi logam Cu (II) dan logam Pb (II) menggunakan karbon aktif dengan metode uji AAS didapatkan data yang seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Data Hasil Adsorpsi Logam Cu (II)

Berat (gram)	Volume (liter)	Waktu (menit)	Konsentrasi (ppm)	Efisiensi Penyerapan (%)
1	0,05	0	100,1500	0
		10	83,0291	17,0953
		20	78,2907	21,8266
		30	72,1570	27,9511
		40	68,5121	31,5905
1,5	0,05	0	100,1500	0
		10	82,9702	17,1541
		20	76,9826	23,1327
		30	69,6860	30,4184
		40	65,9234	34,1753

Tabel 2 Data Hasil Adsorpsi Logam Pb (II)

Berat (gram)	Volume (liter)	Waktu (menit)	Konsentrasi (ppm)	Efisiensi Penyerapan (%)
1	0,05	0	100,05	0
		10	46,6848	53,3385
		20	22,9891	77,0224
		30	20,9239	79,0866
		40	19,8913	80,1186
1,5	0,05	0	100,0500	0
		10	38,8043	61,2151
		20	16,9565	83,0520
		30	15,2174	84,7902
		40	14,4022	85,6050

Pada Tabel 1 dan Tabel 2 terlihat bahwa variasi massa dan variasi waktu kontak berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi logam Cu (II) dan Pb (II). Adsorben karbon aktif dengan massa 1,5 gram pada waktu kontak 40 menit lebih banyak menurunkan konsentrasi logam Cu (II) dan Pb (II) dibandingkan adsorben karbon aktif dengan massa 1 gram.

Karbon aktif dengan massa yang lebih besar akan menyebabkan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan karbon aktif sehingga bertambahlah sisi aktif adsorpsi dan menyebabkan efisiensi penyerapannya pun bertambah (Apriliani, 2010). Hal ini

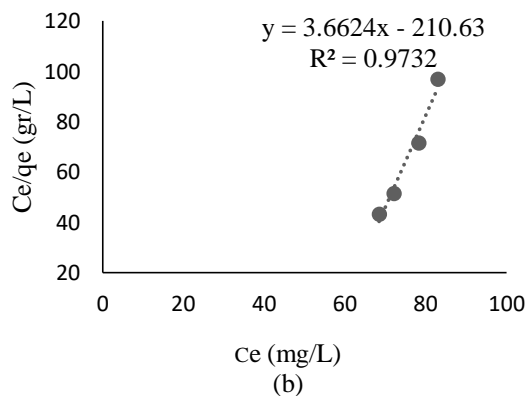
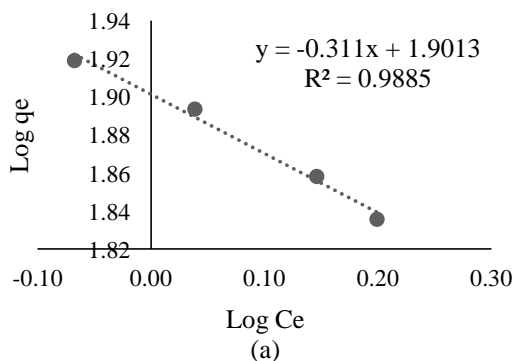
diperkuat oleh Barros dkk., (2003) yang menyatakan bahwa pada saat ada peningkatan massa adsorben, maka ada peningkatan presentase efisiensi penyerapan.

Ditinjau dari efisiensi penyerapan karbon aktif terhadap logam Cu (II) dan Pb (II) pada Tabel 1 dapat ditentukan waktu kontak optimum. Pada adsorpsi ion logam Cu (II), waktu kontak optimum terjadi pada waktu ke 40 menit menggunakan karbon aktif 1,5 gram dengan nilai efisiensi penyerapan sebesar 34,18%. Sama halnya dengan adsorpsi ion logam Pb (II), waktu kontak optimum terjadi pada menit ke 40 menggunakan 1,5 gram karbon aktif dengan nilai efisiensi penyerapan sebesar 85,6%.

3.1 Isoterm Adsorpsi Logam Cu (II) dan Pb (II) menggunakan Adsorben Karbon Aktif

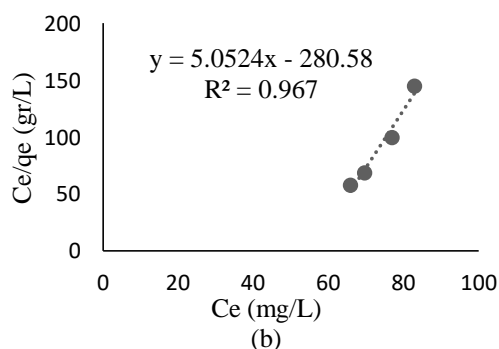
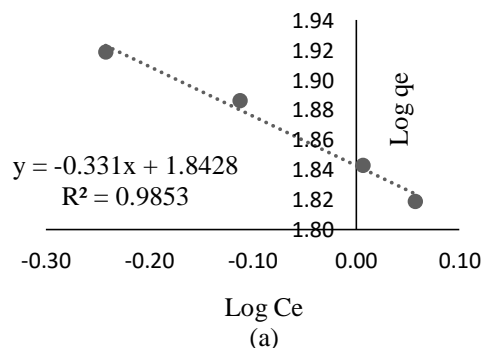
Tipe isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi. Adsorpsi fase padat-cair pada umumnya menganut tipe isoterm Freundlich dan Langmuir (Atkins, 1999). Ikatan yang terjadi antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben dapat terjadi secara fisisorpsi dan kimisorpsi.

Isoterm adsorpsi logam Cu (II) dan Pb (II) dengan adsorben karbon aktif berdasarkan persamaan Freundlich dan Langmuir dapat diketahui dengan membuat grafik. Untuk model adsorpsi Freundlich dibuat grafik hubungan antara log Ce dengan log qe, sedangkan untuk model adsorpsi Langmuir dibuat grafik hubungan antara Ce dengan Ce/qe. Grafik isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir untuk adsorpsi logam Cu (II) dan Pb (II) menggunakan karbon aktif 1 gram dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 3 sedangkan untuk karbon aktif 1,5 gram dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 4.



Gambar 1 (a) Isoterm Freundlich (b) Isoterm Langmuir Adsorpsi Logam Cu (II), karbon aktif 1 gram

Pada Gambar 1 dapat dilihat linieritas dari isoterm Freundlich lebih besar 0,0153 daripada linieritas dari isoterm Langmuir yaitu 0,9885 dan 0,9732. Sehingga dapat dikatakan bahwa adsorpsi logam Cu (II) menggunakan karbon aktif 1 gram mengikuti model isoterm Freundlich.

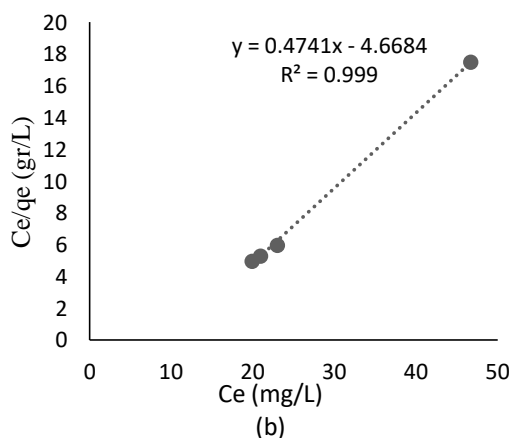
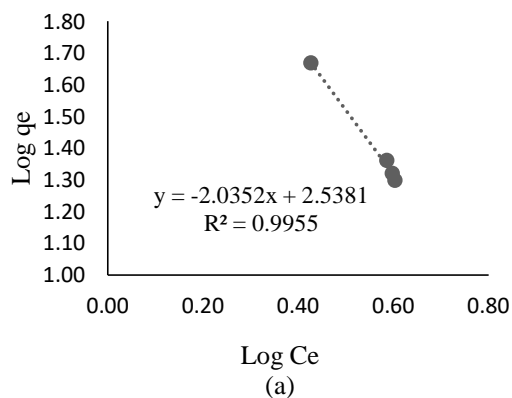


Gambar 2 (a) Isoterm Freundlich (b) Isoterm Langmuir Adsorpsi Logam Cu (II), karbon aktif 1,5 gram

Pada Gambar 2, linieritas pada isoterm Freundlich lebih besar 0,0183 dibandingkan linieritas pada isoterm Langmuir yaitu 0,9853 dan 0,967. Hal ini menandakan bahwa isoterm adsorpsi logam Cu (II) oleh karbon aktif dianggap mengikuti tipe isoterm Freundlich. Menurut (Apriliani, 2010), Jika adsorpsi mengikuti tipe isoterm Freundlich maka adsorpsi berlangsung secara fisisorpsi multilayer.

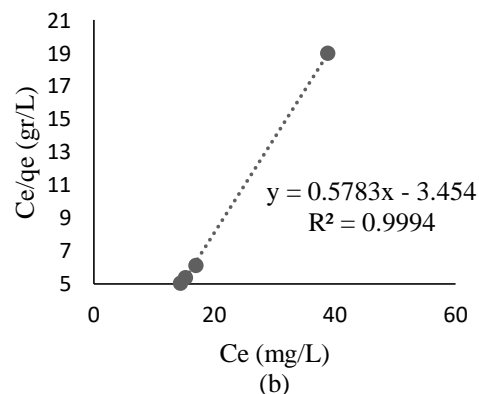
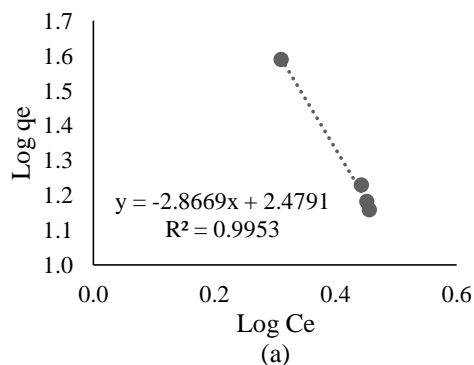
Mekanisme fisisorpsi memungkinkan terjadinya ikatan antar ion logam yang terdapat dalam larutan, selain ikatannya dengan adsorben. Kedua ikatan tersebut hanya terikat oleh gaya van der Waals sehingga ikatan antara adsorbat dengan adsorben bersifat lemah. Hal ini memungkinkan adsorbat leluasa bergerak hingga akhirnya berlangsung proses adsorpsi banyak lapisan.

a. Logam Pb (II)



Gambar 3 (a) Isoterm Freundlich (b) Isoterm Langmuir Adsorpsi Logam Pb (II), karbon aktif 1 gram

Pada Gambar 3 dapat dilihat linieritas dari isoterm Langmuir lebih besar 0,0044 daripada linieritas dari isoterm Freundlich yaitu 0,999 dan 0,9955. Sehingga dapat dikatakan bahwa adsorpsi logma Pb (II) menggunakan karbon aktif 1 gram mengikuti model isoterm Langmuir.



Gambar 4 (a) Isoterm Freundlich (b) Isoterm Langmuir Adsorpsi Logam Pb (II), karbon aktif 1,5 gram

Pada grafik isoterm karbon aktif 1,5 gram di Gambar 4, linieritas pada isoterm Langmuir lebih besar 0,0041 dibandingkan linieritas pada isoterm Freundlich yaitu 0,9994 dan 0,9953. Hal ini menandakan bahwa isoterm adsorpsi logam Pb (II) oleh karbon aktif dianggap mengikuti tipe isoterm Langmuir.

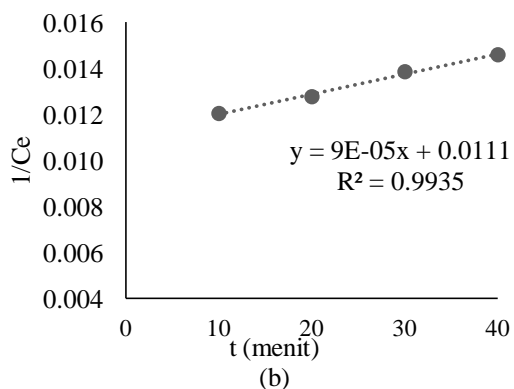
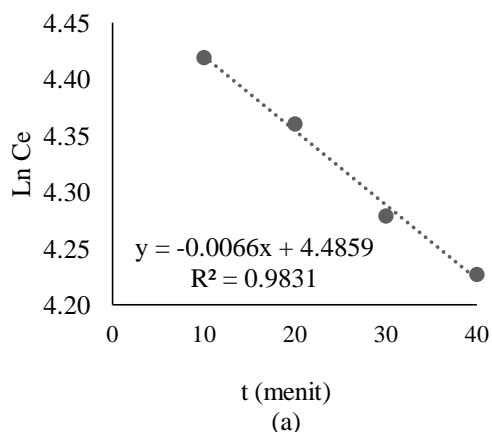
Model isoterm Langmuir mengasumsikan bahwa permukaan adsorben adalah homogen dan besarnya energi adsorpsi ekuivalen untuk setiap situs adsorpsi. Adsorpsi secara kimia (kimisorpsi) terjadi karena adanya interaksi antara situs aktif adsorben dengan zat teradsorpsi dan interaksi hanya terjadi pada lapisan penyerapan tunggal (*monolayer adsorption*) permukaan dinding sel adsorben (Amri, dkk, 2004).

3.2 Kinetika Adsorpsi Logam Cu (II) dan Pb (II) menggunakan Adsorben Karbon Aktif

Kinetika adsorpsi logam Cu (II) dan Pb (II) dengan adsorben karbon aktif dapat diketahui dengan membuat grafik. Grafik untuk orde satu dibuat dengan memplot antar Ln Ce dengan variasi waktu kontak (menit) dan untuk orde dua dibuat dengan memplot antara 1/Ce dengan variasi waktu kontak (menit).

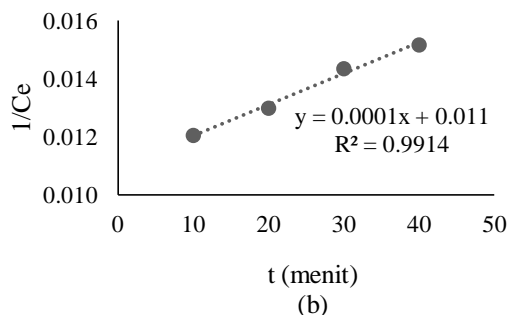
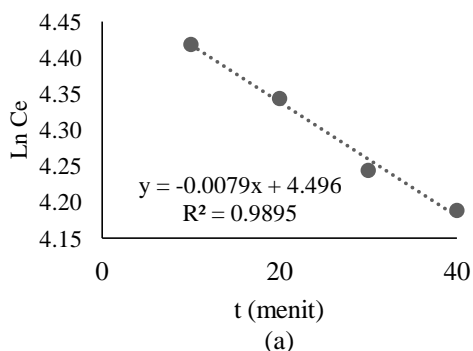
a. Kinetika Adsorpsi Logam Cu (II)

Grafik orde satu dan orde dua untuk adsorpsi menggunakan karbon aktif 1 gram dapat dilihat pada Gambar 5 dan untuk karbon aktif 1,5 gram dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5 (a) Orde Satu (b) Orde Dua Kinetika Adsorpsi Logam Cu (II), karbon aktif 1 gram

Pada Gambar 5, dapat ditentukan Parameter Kinetika Adsorpsi yang dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 6 (a) Orde Satu (b) Orde Dua Kinetika Adsorpsi Logam Cu (II), karbon aktif 1,5 gram

Pada Grafik pada Gambar 6, dapat ditentukan Parameter Kinetika Adsorpsi yang dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Parameter Kinetika Adsorpsi Logam Cu (II)

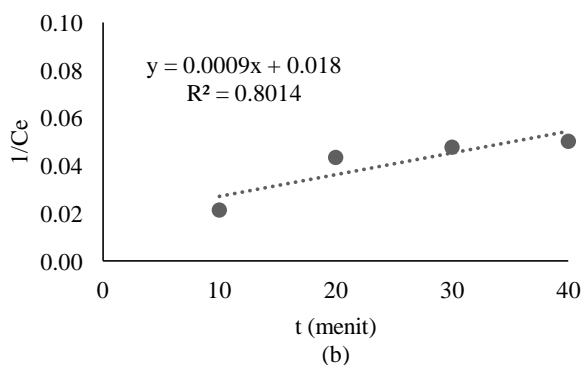
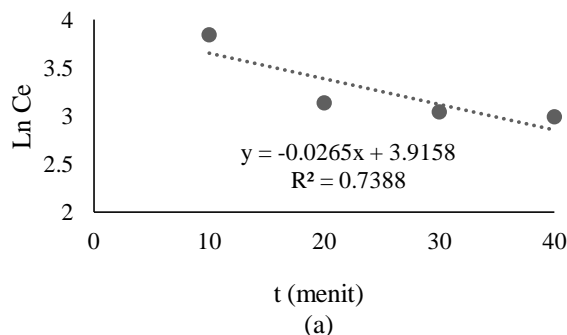
Massa karbon aktif (gram)	Orde Reaksi	K (menit) ⁻¹	R ²
1	1	0,0066	0,9831
	2	9 x 10 ⁻⁵	0,9935
1,5	1	0,0079	0,9895
	2	0,0001	0,9914

Berdasarkan data perhitungan parameter kinetika adsorpsi pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa adsorpsi karbon aktif 1 gram dan 1,5 gram terhadap logam Cu (II) mengikuti model kinetika adsorpsi orde dua, ditandai dengan nilai koefisien determinasi (R²) yang paling mendekati 1. Untuk karbon aktif 1 gram memiliki nilai R² = 0,9935 dengan nilai K= 9 x 10⁻⁵ m⁻¹ dan karbon aktif 1,5 gram memiliki nilai R²= 0,9914 dan nilai K=0,0001 m⁻¹.

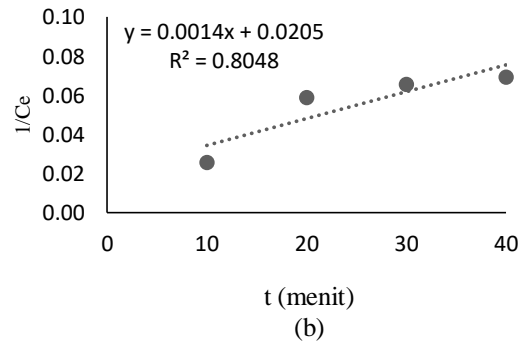
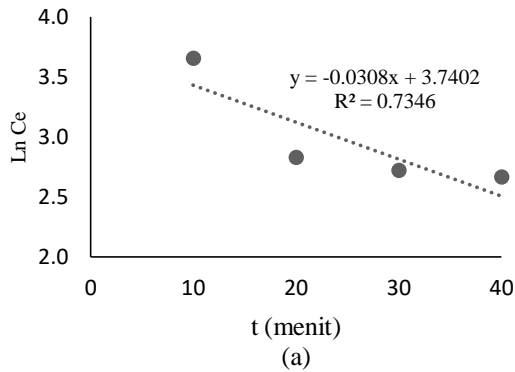
Nilai K merupakan parameter kinetika adsorpsi yang memaknai tentang cepat atau lambat suatu proses adsorpsi itu berlangsung. Makin kecil nilai K, makin cepat proses adsorpsi berlangsung (Andreas dkk., 2015).

b. Kinetika Adsorpsi Logam Pb (II)

Grafik orde satu dan orde dua untuk adsorpsi menggunakan karbon aktif 1 gram dapat dilihat pada Gambar 7 dan untuk karbon aktif 1,5 gram dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7 (a) Orde Satu (b) Orde Dua Kinetika Adsorpsi Logam Pb (II), karbon aktif 1 gram



Gambar 8 (a) Orde Satu (b) Orde Dua Kinetika Adsorpsi Logam Pb (II), karbon aktif 1,5 gram

Pada Grafik pada Gambar 7 dan 8, dapat ditentukan Parameter Kinetika Adsorpsi yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Parameter Kinetika Adsorpsi Logam Pb (II)

Massa karbon aktif (gram)	Orde Reaksi	K (menit) ⁻¹	R ²
1	1	0,0265	0,7388
	2	0,0009	0,8014
1,5	1	0,0308	0,7346
	2	0,0014	0,8048

Berdasarkan data perhitungan parameter kinetika adsorpsi pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa adsorpsi karbon aktif 1 gram dan 1,5 gram terhadap logam Pb (II) mengikuti model kinetika adsorpsi orde dua, ditandai dengan nilai koefisien determinasi (R²) yang paling mendekati 1. Untuk karbon aktif 1 gram

3.3 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian mengenai adsorpsi telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya, sehingga dapat dijadikan refensi untuk penelitian yang akan dilakukan.

memiliki nilai R² = 0,8014 dengan nilai K= 0,0009 m⁻¹ dan karbon aktif 1,5 gram memiliki nilai R²= 0,8048 dan nilai K=0,0014 m⁻¹.

Proses adsorpsi yang mengikuti model kinetika orde dua memiliki makna bahwa kecepatan penyerapan adsorben karbon aktif terhadap logam Cu (II) dan Pb (II) per satuan waktu (dq/dt) berbanding lurus dengan penurunan konsentrasi adsorbat (1/Ce), sehingga pada awal proses adsorpsi memiliki pengurangan konsentrasi larutan yang cukup drastis, kemudian kecepatan adsorpsi terus menurun hingga tercapai kondisi setimbang saat sudah tidak ada lagi logam Cu (II) dan Pb (II) yang dapat teradsorpt ke dalam karbon aktif (Andreas dkk., 2015).

Dari penelitian terdahulu dapat dikembangkan beberapa variasi seperti jenis adsorben dan variabel penelitian. Adapun perbandingan hasil penelitian dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

Adsorben	Adsorbat	Waktu (menit)	Berat adsorben (gram)	Efisiensi Penyerapan (%)	Isoterm Adsorpsi	Orde Reaksi	Referensi
Karbon aktif dari batang pisang	Cr	60	1	51,02	Langmuir	Orde 1	Muna (2011)
Karbon aktif dari sekam padi	Rhodamin B	150	1	73,77	Langmuir	Orde 2	Hafiyah (2013)
Karbon aktif dari kulit pisang	Pb	60	2	0,93	Langmuir	Orde 2	Sanjaya dan Agustine (2015)
Karbon aktif merek Haycarb	Cu	40	1,5	34,18	Freundlich	Orde 2	Hasil Penelitian
Karbon aktif merek Haycarb	Pb	40	1,5	85,60	Langmuir	Orde 2	Hasil Penelitian

Berdasarkan Tabel 5 di atas dapat dilihat bahwa karbon aktif dapat digunakan untuk adsorpsi berbagai adsorbat. Pada penelitian Muna (2011), karbon aktif sebanyak 1 gram digunakan sebagai adsorben untuk logam Cr selama 60 menit, didapatkan efisiensi penyerapan sebesar 51,02%, model isoterm adsorpsi Langmuir, dan kinetika adsorpsi orde 1.

Pada penelitian Hafiyah (2013) yaitu adsorpsi karbon aktif sebanyak 1 gram terhadap zat warna Rhodamin B selama 150 menit. Efisiensi penyerapan yang didapatkan sebesar 73,77% dengan mengikuti model isoterm adsorpsi Langmuir dan kinetika adsorpsi orde 2.

Pada penelitian Sanjaya dan Agustine (2015) digunakan karbon aktif sebanyak 2 gram untuk mengadsorpsi logam Pb selama 60 menit, didapatkan efisiensi penyerapan sebesar 0,93%, mengikuti model isoterm adsorpsi Langmuir dan kinetika adsorpsi orde 2.

Pada hasil penelitian yang telah dilakukan, menggunakan karbon aktif sebanyak 1,5 gram untuk mengadsorpsi Logam Cu dan Pb selama 40 menit. Didapatkan efisiensi penyerapan untuk logam Cu sebesar 34,18% dan untuk logam Pb sebesar 85,60%. Model isoterm yang digunakan yaitu model isoterm Freundlich untuk adsorpsi logam Cu dan model isoterm Langmuir untuk adsorpsi logam Pb. Model kinetika adsorpsi yang didapatkan untuk adsorpsi logam Cu dan Pb yaitu kinetika adsorpsi orde 2. Dengan mengembangkan metode adsorpsi dari penelitian terdahulu, didapatkan hasil yang lebih baik daripada penelitian terdahulu. Hal tersebut dapat dilihat dari waktu kontak yang digunakan lebih singkat dan didapatkan efisiensi penyerapan yang besar dibandingkan penelitian terdahulu.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Waktu kontak optimum pada proses adsorpsi logam Cu (II) dan Pb (II) adalah 40 menit dengan massa karbon aktif 1,5 gram. Didapatkan efisiensi penyerapan optimum sebesar 34,1753% untuk

penyerapan logam Cu (II) dan 85,6050% untuk penyerapan logam Pb (II).

2. Pola isoterm adsorpsi karbon aktif terhadap logam Cu (II) mengikuti model isoterm Freundlich dan logam Pb (II) mengikuti model isoterm Langmuir.
3. Kinetika adsorpsi karbon aktif terhadap logam Cu (II) dan Pb (II) mengikuti kinetika adsorpsi orde dua.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th, ed. American Public Health Association (APHA), Washington DC, 1998
- Apriliani, A. (2010). *Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam Air Limbah*. Skripsi, 54-56. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2011.09.032>
- Amri, A., Supranto dan Fahrurrozi, M. (2004). *Keseimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd (II) dan Cr(III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2- merkaptobenzotiazol*. Jurnal Natur Indonesia Vol 6(2) : 111-117.
- Andreas, A., Putranto, A., dan Sabatini, T. C. (2015). *Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak Aktivasi Kimia-Senyawa KOH sebagai Adsorben Proses Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru*. Jurnal Teknik Kimia, 1-7.
- Astandana, Y., Chairul, dan Yenti, S. R. (2016). *Keseimbangan Adsorpsi Logam Cu Menggunakan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben*. JOM FTEKNIK, 3(1), 1-9.
- Atkins, P. W. (1999). *Kimia Fisika Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Barros Júnior, L. M., Macedo, G. R., Duarte, M. M. L., Silva, E. P., dan Lobato, A. K. C. L. (2003).

Biosorption of cadmium using the fungus *Aspergillus niger*. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 20(3), 229-239.

Hafiyah, S. (2013). *Kinetika Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Karbon Aktif Sekam Padi (Oryza Sativa L.)*. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Ho, Y. S. (2004). *Citation Review of Lagergren Kinetic Rate Equation on Adsorption Reactions*. *Scientometrics* 59(1), 171- 177.

Muna, A. N. (2011). *Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dari Batang Pisang Sebagai Adsorben*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang, (Issue Vi).

Nafi'ah R. (2016). *Kinetika Adsorpsi Pb (II) Dengan Adsorben Arang Aktif Dari Sabut Siwalan Kinetics Adsorption Of Pb (II) By Siwalan Fiber*. *Jurnal Farmasi Sains Dan Praktis*, 1(2), 28–37.

Nurhasni, N., Hendrawati, H., dan Saniyyah, N. (2014). *Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah*. *Jurnal Kimia VALENSI*, 4(1).

Previanti, P., Sugiani, H., Pratomo, U., dan Sukrido, S. (2015). *Daya Serap Dan Karakterisasi Arang Aktif Tulang Sapi Yang Teraktivasi Natrium Karbonat Terhadap Logam Tembaga*. *Chimica et Natura Acta*, 3(2), 48–53.

Purnamasari, I., dan Supraptiah, E. (2017). *Environmental Management and Sustainability Adsorption Kinetics of Fe and Mn with Using Fly Ash from PT Semen Baturaja in Acid Mine Drainage*. *Indonesian Journal of Environmental Management and Sustainability*, 17–20.

Ramadhani, F. D. (2013). *Pemanfaatan Limbah Cangkang Kulit Buah Karet (Hevea Brasilliensis) Sebagai Adsorben Logam Besi Pada Air Gambut Sebagai Bahan Ajar Kimia Sekolah Menengah Atas Kelas XII*. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Safrianti, I., Whyuni, N., dan Zahara, T. A. (2012). *Adsorpsi Timbal (Ii) Oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh Ph Dan Waktu Kontak*. *Jurnal Teknik Kimia*, 1(1), 7–8.

Sanjaya, A. S., dan Agustine, R. P. (2015). *STUDI Kinetika Adsorpsi Pb Menggunakan Arang Aktif*. 4(1), 17–24. <https://doi.org/10.20527/k.v4i1.261>

Sembiring, M. T., dan Sinaga, T. S. (2003). *Arang aktif*

(pengenalan dan proses pembuatannya). *USU Digital Library*, 1–9.

Suarsa, W. (2015). *Kinetika adsorpsi timbal (pb) pada berbagai adsorban*. Skripsi. Universitas Udayana.

Wahyuni, S., Ningsih, P., dan Ratman, R. (2017). *Pemanfaatan Arang Aktif Biji Kapuk (Ceiba Pentandra L.) sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb)*. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(4), 191. <https://doi.org/10.22487/j24775185.2016.v5.i4.80>

Widayatno, T., Yuliawati, T., Susilo, A. A., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F., & Muhammadiyah, U. (2017). *Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif*. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17–23.

Yahya, R. (2018). *Pengolahan Limbah Kromium Industri Elektroplating Menggunakan Teknologi Filtrasi, Absorpsi, Adsorpsi, Sedimentasi (Faas)*. *Mathematics Education Journal*, 1(1), 75. <https://doi.org/10.29333/aje.2019.423a>