

STUDI ADSORPSI Fe (II) MENGGUNAKAN ARANG AKTIF TONGKOL JAGUNG

Setyo Erna Widiyanti^{1,*}, Ridhawati², Jeanne Dewi Damayanti³, Maulia Ulfa^{4,**}, Suci Fajriati⁵
^{1,2,3,4,5} *Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

The iron that has divalent ions (Fe^{2+}) in water is considered a contaminant because of its organoleptic properties. This study aimed to 1) determine the adsorption capacity and the highest Fe (II) removal efficiency of Corncob Activated Charcoal (AATJ), 2) determine the adsorption isotherm model (Langmuir or Freundlich), and 3) determine the adsorption kinetics model (Pseudo-First-Order or Pseudo-Second-Order) which is suitable to describe the conditions of Fe (II) adsorption using AATJ. The Fe (II) adsorption isotherm was studied at an adsorbate initial concentration of 50-300 mg/L, an adsorbent mass of 0.15g, a stirring speed of 250 rpm, and a contact time of 40 minutes. The adsorption kinetics study was studied under conditions of initial concentration of Fe (II) 100 mg/L, adsorbent mass 0.15g, and contact time 10-60 minutes. In this study, it was obtained: 1) the adsorption capacity and removal efficiency of Fe (II) by AATJ was 16.918 mg/g and 14.32%, 2) the appropriate isotherm model was Langmuir with q_m and K_L of 11.64 mg/g and $2,86 \cdot 10^{-3}$ L/mg, 3) the appropriate adsorption kinetics model is PSO with $q_{e,cal}$ and K_2 values are 19,53125 mg/g and $4,10 \cdot 10^{-3}$ g/mg. min, respectively.

Keywords: *Adsorption, Fe (II), Corncob Activated Charcoal, Langmuir, Pseudo-Second-Order*

ABSTRAK

Besi yang memiliki ion divalen (Fe^{2+}) dalam air dianggap sebagai kontaminan karena sifat organoleptiknya. Penelitian ini bertujuan untuk 1) menentukan kapasitas adsorpsi dan efisiensi removal Fe (II) tertinggi dari Arang Aktif Tongkol Jagung (AATJ), 2) menentukan model isotherm adsorpsi (Langmuir atau Freundlich), dan 3) menentukan model kinetika adsorpsi (*Pseudo-First-Order* atau *Pseudo-Second-order*) yang sesuai untuk menggambarkan kondisi adsorpsi Fe (II) menggunakan AATJ. Studi isotherm adsorpsi Fe (II) dipelajari pada konsentrasi awal adsorbat 50-300 mg/L, massa adsorben 0,15g, kecepatan pengadukan 250 rpm, waktu kontak 40 menit. Studi kinetika adsorpsi dipelajari dalam kondisi konsentrasi awal Fe (II) 100 mg/L, massa adsorben 0,15g, waktu kontak 10-60 menit. Pada penelitian ini diperoleh: 1) kapasitas adsorpsi dan Efisiensi removal Fe (II) oleh AATJ diperoleh 16,918 mg/g dan 14,32%, 2) model isotherm yang sesuai adalah Langmuir dengan q_m dan K_L sebesar 11,64 mg/g dan $2,86 \cdot 10^{-3}$ L/mg, 3) model kinetika adsorpsi yang sesuai adalah PSO dengan nilai $q_{e,cal}$ dan K_2 masing-masing adalah 19,53125 mg/g dan $4,1 \cdot 10^{-3}$ g/mg. menit.

Kata Kunci: *Adsorpsi, Fe (II), Arang Aktif Tongkol Jagung, Langmuir, Pseudo-Second-Order*

1. PENDAHULUAN

Pencemaran perairan akibat logam berat merupakan salah satu masalah lingkungan yang paling serius. Kehadiran logam berat di ekosistem menimbulkan risiko kesehatan manusia dan menyebabkan efek berbahaya bagi organisme yang hidup di dalamnya. Besi adalah unsur yang paling umum ditemukan di kerak bumi. Besi yang memiliki ion divalen (Fe^{2+}) dalam air dianggap sebagai kontaminan karena sifat organoleptiknya [1]. Besi dalam air tanah bisa menjadi tidak larut saat terkena udara, sehingga menyebabkan warna air menjadi coklat kemerahan. Masalah tersebut dapat menyebabkan masalah estetika lingkungan kesehatan secara tidak langsung dan pada gilirannya menjadi masalah ekonomi. Perubahan rasa air dapat terasa pada konsentrasi besi di atas $40 \mu\text{g/l}$. Korosi pada pipa besi dapat mengalirkan besi ke dalam air yang mengalir melalui pipa tersebut. Lapisan berlendir yang umum terlihat pada sistem perpipaan distribusi air merupakan pertumbuhan bakteri yang tidak diinginkan yang disebabkan oleh kandungan besi dalam air [2]. Penghilangan logam dari air dan air limbah dapat menggunakan metode pengendapan kimia, pertukaran ion, biosorpsi, pemisahan menggunakan membran, dan adsorpsi. Diantara metode pemisahan ini, adsorpsi tampaknya menjadi proses yang ideal. Adsorben dapat diasumsikan murah karena dapat dibuat dengan mudah dari limbah pertanian dan tidak membutuhkan proses yang banyak [3]. Salah satu limbah pertanian yang dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku arang aktif adalah tongkol jagung. Widiyanti, dkk (2021) [4] telah melakukan penelitian tentang adsorpsi Fe (II) menggunakan arang aktif dari campuran tongkol jagung dan ampas teh, akan tetapi kapasitas adsorpsi dari adsorben tersebut masih rendah yaitu $0,307 \text{ mg/g}$. Pada penelitian ini memanfaatkan tongkol

* Korespondensi penulis: Setyo Erna Widiyanti, email setyoernawidiyanti@poliupg.ac.id

** Mahasiswa tingkat Sarjana (S1)

jagung menjadi arang aktif sebagai adsorben untuk menyerap Fe (II). Penelitian ini bertujuan untuk 1) menentukan kapasitas adsorpsi dan efisiensi removal Fe (II) tertinggi dari AATJ, 2) menentukan model isoterm adsorpsi (Langmuir atau Freundlich), dan 3) menentukan model kinetika adsorpsi (*Pseudo-First-Order* atau *Pseudo-Second-order*) yang sesuai untuk menggambarkan kondisi adsorpsi Fe (II) menggunakan AATJ.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengolahan Limbah dan Laboratorium Analisis Instrumen Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Spektrofotometer UV-Vis, *hot plate*, neraca analitik dan alat-alat gelas. Bahan yang digunakan adalah arang aktif tongkol jagung (AATJ), FeSO₄, aquadest.

Pencarian waktu optimum dilakukan untuk mengetahui waktu kontak terbaik dan efisiensi removal Fe (II) tertinggi. Pencarian waktu optimum adsorpsi dipelajari pada konsentrasi awal adsorbat (Fe (II)) sebesar 100 mg/L, massa AATJ 0,1 g, waktu kontak 10-60 menit, serta kecepatan pengadukan 250 rpm. Konsentrasi Fe (II) sebelum dan sesudah proses adsorpsi diukur menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

Pencarian massa AATJ yang memiliki kapasitas adsorpsi Fe (II) tertinggi dilakukan dengan cara memvariasikan massanya. Pencarian massa AATJ terbaik dipelajari pada konsentrasi awal adsorbat (Fe (II)) sebesar 100 mg/L, massa AATJ (0,1 – 0,25 g), waktu kontak 40 menit (diperoleh dari waktu optimum) serta kecepatan pengadukan 250 rpm. Konsentrasi Fe (II) sebelum dan sesudah proses adsorpsi diukur menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

Kapasitas adsorpsi (q_e) dan efisiensi removal Fe (II) pada saat setimbang dihitung menggunakan persamaan (1) dan (2).

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} \quad (1)$$

$$\text{Efisiensi removal (\%)} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \quad (2)$$

dimana q_e adalah kapasitas adsorpsi (mg/g), C_0 dan C_e adalah konsentrasi adsorbat pada saat awal dan setimbang (mg/L), m adalah massa adsorben (gram).

Studi Isoterm Adsorpsi

Studi isoterm adsorpsi Fe (II) ditentukan dengan cara mengkontakkan adsorbat dengan adsorben dalam konsentrasi adsorbat 50-300 mg/L, massa adsorben 0,15 g, kecepatan pengadukan 250 rpm selama 40 menit. Isoterm adsorpsi dipelajari dengan dua model, yaitu model isoterm Langmuir dan Freundlich. Model Langmuir mengekspresikan adsorpsi monolayer pada permukaan homogen, sedangkan model Freundlich mengekspresikan adsorpsi multilayer. Model isoterm Langmuir dan Freundlich dapat dilihat pada persamaan (3) dan (4) [5].

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

$$q_e = K_F C_e^{1/n_F} \quad (4)$$

Linearisasi dari model isoterm Langmuir dan Freundlich dapat dilihat pada persamaan (5) dan (6) [1].

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{K_L q_m} \frac{1}{C_e} \quad (5)$$

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (6)$$

dimana K_L adalah konstanta Langmuir (l/mg), q_m adalah kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g). Konstanta K_L dan q_m dapat ditentukan dari plot grafik $1/q_e$ vs $1/C_e$ (Persamaan 5). C_e (mg/l) dan q_e (mg/g) adalah konsentrasi adsorbat dan jumlah adsorbat yang terjerap pada saat setimbang. K_F dan $1/n$ merupakan konstanta Freundlich yang ditentukan dari plot grafik $\ln q_e$ vs $\ln C_e$ (Persamaan 6).

Studi Kinetika Adsorpsi

Studi kinetika adsorpsi dipelajari dalam kondisi konsentrasi awal adsorbat 100 mg/L, massa adsorben 0,15 g, waktu kontak 10-60 menit, volume sampel 100 mL. Kinetika adsorpsi diuji menggunakan *pseudo-first order* (PFO) dan *pseudo-second order* (PSO). Bentuk linier dari PFO dan PSO seperti pada persamaan (7) dan (8) [6].

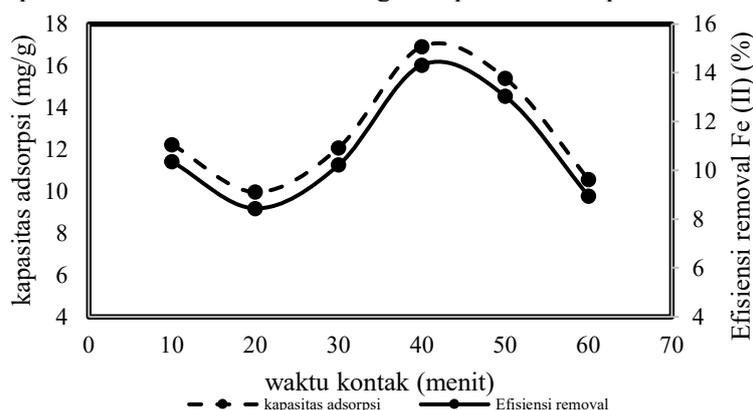
$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2,303} t \quad (7)$$

$$\frac{t}{q_t} = \left(\frac{1}{k_2 q_e^2} \right) + \left(\frac{1}{q_e} \right) t \quad (8)$$

dimana q_t adalah jumlah adsorbat yang terjerap pada saat t (mg/g), q_e jumlah adsorbat yang terjerap pada saat setimbang (mg/g), k_1 adalah konstanta laju reaksi PFO (min^{-1}), k_2 adalah konstanta laju reaksi PSO ($\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$).

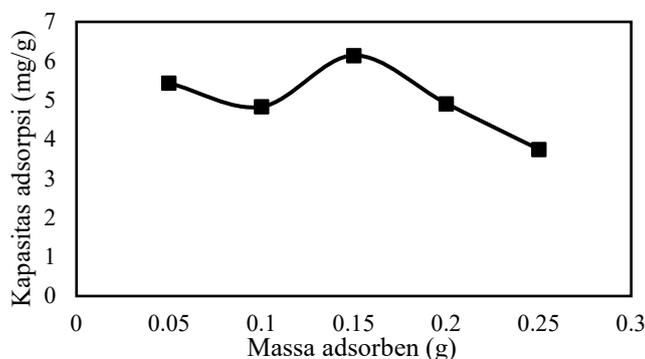
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pencarian waktu optimum dilakukan untuk mengetahui waktu kontak terbaik dan efisiensi removal Fe (II) tertinggi. Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi dan efisiensi removal Fe (II) dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan gambar 1 terlihat bahwa waktu kontak terbaik pada menit ke 40 dengan kapasitas adsorpsi 16,918 mg/g dan efisiensi removal Fe (II) adalah 14,3%. Waktu kontak terbaik digunakan dalam proses pencarian massa adsorben dengan kapasitas adsorpsi terbaik.



Gambar 1. Pengaruh waktu kontak adsorpsi terhadap kapasitas adsorpsi dan Efisiensi removal Fe (II)

Pengaruh massa adsorben terhadap kapasitas adsorpsi dipelajari dengan melakukan variasi massa antara 0,05 g – 0,25 g. Hasil penelitian tentang pengaruh massa adsorben terhadap kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 2.

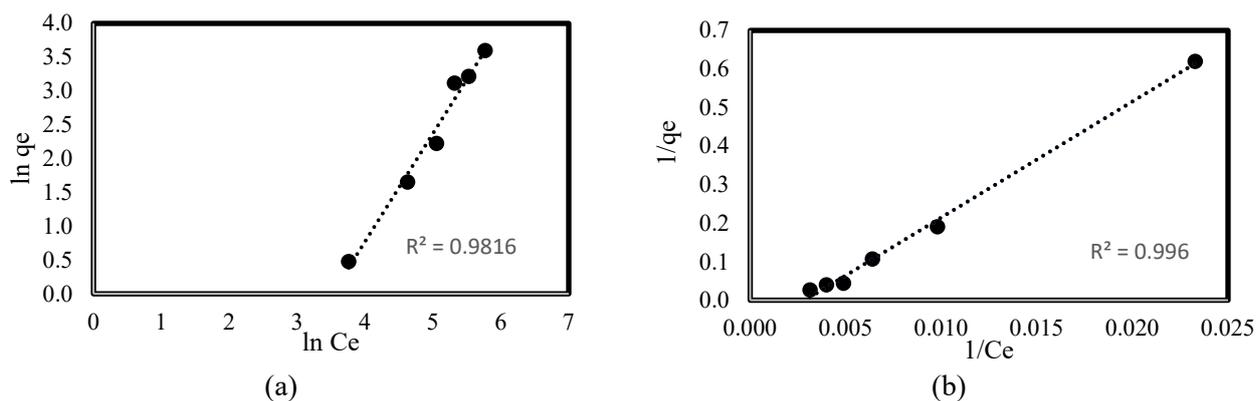


Gambar 2. Pengaruh massa adsorben terhadap kapasitas adsorpsi

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa massa adsorben terbaik adalah 0,15 g dengan kapasitas adsorpsi sebesar 6,143 mg/g. Waktu kontak dan massa adsorben terbaik digunakan untuk mempelajari kesetimbangan adsorpsi Fe (II) menggunakan AATJ.

Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi dipelajari dengan memvariasikan konsentrasi awal Fe (II) sebesar 50-300 mg/L. parameter proses adsorpsi seperti massa adsorben 0,15 g, kecepatan pengadukan 250 rpm, waktu kontak selama 40 menit dijaga konstan. Isoterm adsorpsi dipelajari dengan dua model, yaitu model isoterm Langmuir dan Freundlich. Grafik linierisasi model untuk persamaan isotherm Freundlich dan Langmuir dapat dilihat pada Gambar 3, sedangkan nilai parameter isotherm dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 3. Grafik linierisasi model isotherm (a) isotherm Freundlich, (b) isotherm Langmuir

Tabel 1. Parameter isotherm Freundlich dan Langmuir

Isoterm	Parameter	Satuan	Nilai
Freundlich	K_f	L/mg	$3,6 \cdot 10^{-3}$
	$1/n$		1,598
	n		0,625
	R^2		0,9816
Langmuir	q_{max}	mg/g	11,64
	K_L	L/mg	$2,86 \cdot 10^{-3}$
	R^2		0,996

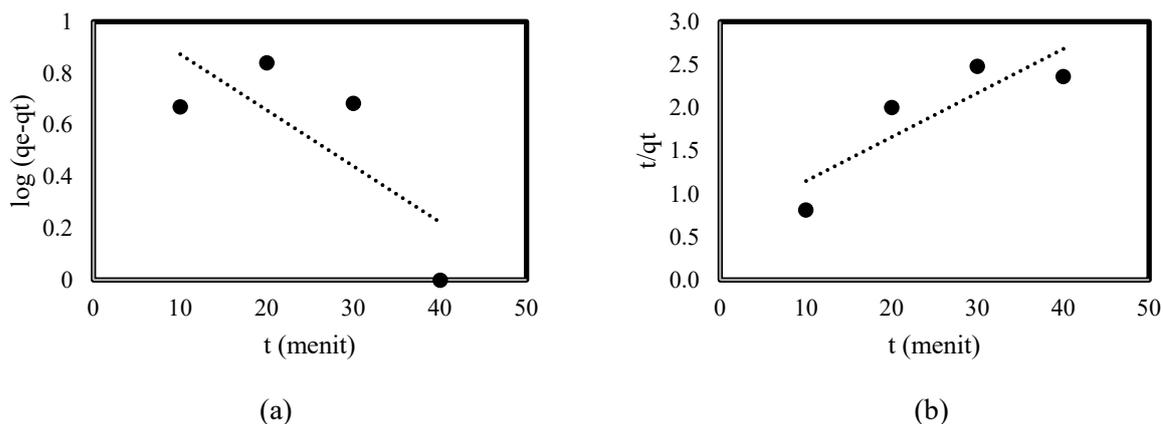
Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa koefisien korelasi dari isotherm Langmuir (0,996) lebih besar dari isotherm Freundlich (0,9816). Hal ini menunjukkan bahwa isotherm Langmuir lebih sesuai untuk menggambarkan isotherm adsorpsi Fe (II) menggunakan AATJ. Model Langmuir mengasumsikan bahwa terdapat *site* aktif pada permukaan adsorben dan tidak ada interaksi yang signifikan antara molekul adsorbat yang diadsorpsi dengan *site* disekitarnya [7]. Nilai dari kapasitas adsorpsi maksimum (q_m) dan konstanta Langmuir (K_L) sebesar 11,64 mg/g dan $2,86 \cdot 10^{-3}$ L/mg.

Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi dipelajari dengan memvariasikan waktu kontak (10 – 60 menit). parameter proses adsorpsi seperti massa adsorben 0,1 g, kecepatan pengadukan 250 rpm, konsentrasi awal Fe (II) 100 mg/L dijaga konstan. Grafik linierisasi dan nilai parameter model kinetika adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 4 dan Tabel 2. Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai koefisien korelasi untuk PSO lebih besar daripada PFO. Selain dari nilai koefisien korelasi, nilai $q_{e,exp}$ dan $q_{e,cal}$ dari PSO juga berdekatan. Dapat disimpulkan bahwa laju adsorpsi Fe (II) menggunakan AATJ sesuai dengan PSO. Nilai kapasitas adsorpsi ($q_{e,cal}$) dan konstanta laju reaksi (K_2) dari PSO masing-masing sebesar 19,53125 mg/g dan $4,1 \cdot 10^{-3}$ g/mg.menit.

Tabel 2. Parameter model kinetika adsorpsi PFO dan PSO

Kinetika	Parameter	Satuan	Nilai
<i>Pseudo-First-Order</i> (PFO)	$q_{e,exp}$	mg/g	16,918
	K_1	menit ⁻¹	0,0499
	$q_{e,cal}$	mg/g	12,345
	R^2		0,5598
<i>Pseudo Second Order</i> (PSO)	K_2	g/mg.menit	$4,1 \cdot 10^{-3}$
	$q_{e,cal}$	mg/g	19,53125
	R^2		0,7538



Gambar 4. Grafik linierisasi model kinetika adsorpsi (a) PFO dan (b) PSO

4. KESIMPULAN

Kapasitas adsorpsi dan Efisiensi removal Fe (II) oleh AATJ diperoleh 16,918 mg/g dan 14,32%. Model isotherm yang sesuai adalah Langmuir dengan kapasitas adsorpsi maksimum (q_m) dan konstanta Langmuir (K_L) sebesar 11,64 mg/g dan $2,86 \cdot 10^{-3}$ L/mg. Model kinetika adsorpsi yang sesuai adalah Pseudo Second Order dengan kapasitas adsorpsi ($q_{e,cal}$) dan konstanta laju reaksi (K_2) masing-masing adalah 19,53125 mg/g dan $4,1 \cdot 10^{-3}$ g/mg.menit.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberikan biaya untuk pelaksanaan Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Sheeka Subramani, S. Shrihari, B. Manu, K.S. Babunarayan, "Evaluation of pyrolyzed areca husk as a potential adsorbent for the removal of Fe^{2+} ions from aqueous solutions," *J. Environ. Manage.*, vol. 246, pp. 345–354, Juni 2019.
- [2] M.E. Goher, A.M. Hassan, I.A. Abdel-Moniem, A.H. Fahmy, M.H. Abdo, S.M. El-sayed, "Removal of aluminum, iron and manganese ions from industrial wastes using granular activated carbon and Amberlite IR-120H," *Egypt. J. Aquat. Res.*, vol. 41, no. 2, pp. 155–164, 2015.
- [3] S. D. Gisi, G. Lofrano, M. Grassi, M. Notarnicola, "Characteristics and adsorption capacities of low-cost sorbents for wastewater treatment: A review," *Sustain. Mater. Technol.*, vol. 9, pp. 10–40, 2016.
- [4] S.E. Widiyanti, Ridhawati, J.D. Damayanti, K. Khotimah, M. Irsal, "Adsorpsi Fe^{2+} Menggunakan Arang Aktif Campuran Limbah Teh dan Tongkol Jagung," *Prosiding 5th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, pp. 23-28, 13 November 2021.
- [5] K. Dai, J. Zhang, J. Kou, P. Yang, M. Li, C. Tang, W. Zhuang, H. Ying, J. Wu, "Tunable synthesis of polyethylene polyamine modified lignin and application for efficient adsorption of Fe^{2+} in super acid system," *Sep. Purif. Technol.*, vol. 272, pp. 1-11, Oktober 2021.
- [6] N. El-Bendary, H.Kh. El-Etriby, H. Mahanna, "High-performance removal of iron from aqueous solution using modified activated carbon prepared from corn cobs and luffa sponge," *DESALINATION WATER Treat*, vol. 213, pp. 348–357, Februari 2021.
- [7] S.M. H. Gardazi, T. Ashfaq Butt, N. Rashid, A. Pervez, Q. Mahmood, M. Maroof Shah, M. Bilal, "Effective adsorption of cationic dye from aqueous solution using low-cost corncob in batch and column studies," *Desalination Water Treat.*, vol. 57, no. 59, pp. 28981–28998, Juni 2016.