



## Pengaruh Variasi Waktu Kontak Terhadap Nilai Efisiensi dan Mekanisme Kinetika Adsorpsi Logam Besi (Fe) pada Limbah Batik Cual Menggunakan Kitosan

Livia, Widodo Budi Kurniawan, Herman Aldila\*

Jurusan Fisika, Universitas Bangka Belitung

Jl Kampus Peradaban Kampus Terbadu UBB, Bangka 33172, Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia

\*)E-mail korespondensi: [hermanaldilaubb@gmail.com](mailto:hermanaldilaubb@gmail.com)

### Info Artikel:

Dikirim:

1 Mei 2022

Revisi:

1 Juni 2022

Diterima:

30 Juni 2022

### Kata Kunci:

Adsorption; Batik Cual Waste; Chitosan; Efficiency value

### Abstract

*Batik cual is one textile product characterizing the local wisdom of the native people in Bangka Belitung Province. The increased production of Batik Cual produces wastewater containing hazardous metals that are carcinogenic and toxic to the environment, one of which is metals Fe, while for handling metal Fe in Batik Cual waste, the adsorption method is carried out with Aldrich brand chitosan as an adsorbent and Batik Cual waste from batik home craftsmen, Selindung Lama, Bangka Belitung Province, with variations in contact time used 10, 20, 30, and 40 minutes on 2 grams of chitosan and 100 ml of raw batik waste. The Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) testing was carried out to determine the level of metal Fe content. Based on the results of the AAS test for Fe adsorption, the highest adsorbent efficiency value was 26.28% at a contact time of 40 minutes. Meanwhile, the adsorption kinetics mechanism of the dissolved iron (Fe) ion Batik Cual wastewater follows a pseudo-second-order adsorption kinetics model with adsorption rate and maximum adsorption capacity of  $4.6913 \text{ g mg}^{-1} \text{ minute}^{-1}$  and  $0.0091 \text{ mg/g}$ .*

## PENDAHULUAN

Batik cual merupakan salah satu produk lokal masyarakat Bangka Belitung. Seiring berjalannya waktu, batik cual menjadi salah satu ikon budaya yang paling digemari masyarakat [1]. Proses produksi kain batik cual tidak jauh berbeda dengan pembuatan kain batik pada umumnya. Penggunaan pewarna kimia anorganik tetap menjadi ancaman bagi lingkungan seiring dengan meningkatnya permintaan produksi kain batik cual. Secara umum limbah batik masih memiliki kandungan zat warna yang tinggi dari proses pewarnaan batik yang mengandung racun logam berat yang terdapat pada limbah batik, yaitu kromium (0,1 mg/L), timbal (0,23 mg/L), besi (2,06 mg/L), Tembaga (0,27 mg/L) dan Mangan (0,00063 mg/L) [2].

Berbagai metode untuk dekadarisasi logam berat yang ada dalam air telah dikembangkan, termasuk filtrasi, deposisi kimia, adsorpsi, *electro-deposition*, dan lain sebagainya. Salah satu metode yang banyak dikembangkan adalah metode adsorpsi, yang merupakan proses yang relatif cepat, sederhana dan ramah lingkungan dengan penggunaan adsorben biologis [3]. Dalam

hal ini, adsorben menjadi hal yang sangat menarik untuk dikembangkan. Bio-adsorben diharapkan dapat menjadi solusi permasalahan lingkungan dalam adsorpsi logam berat pada limbah batik cual. Dari sekian banyak biomaterial yang dikembangkan, kitosan merupakan salah satu yang paling menjanjikan dan perlu diteliti lebih lanjut.

Kitosan merupakan salah satu polisakarida kationik alam yang mengandung senyawa biopolimer alam multi ionik sehingga dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti adsorben logam, penyerap pewarna tekstil, bahan kosmetik, dan agen antibakteri. Hal ini karena kitosan memiliki beberapa keunggulan diantaranya ramah lingkungan, sumbernya berlimpah dan tidak bersifat racun [4]. Kajian tentang penurunan logam berat telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu tentang pengaruh penyerapan besi (Fe), natrium (Na), kadmium (Cd) dan tembaga (Cu) oleh kitosan dalam air limbah dimana penyerapan Fe optimal logam sebesar 90,03%, logam Na sebesar 96,3%, logam Cd sebesar 90,0%, logam Cu sebesar 99,12% dengan waktu kontak 30 menit [5]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kandungan Fe dalam limbah batik merupakan logam utama yang banyak ditemukan. Adanya logam Fe pada limbah batik disebabkan penggunaan pewarna kimia pada proses pencelupan batik cual.

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian tentang proses adsorpsi logam Fe pada limbah batik cual menggunakan bioadsorben kitosan dengan pengaruh variasi waktu kontak 10, 20, 30 dan 40 menit terhadap nilai efisiensi dan mekanisme kinetika adsorpsi. Hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran tentang mekanisme adsorpsi kitosan pada logam Fe yang ada pada limbah batik cual sebagai upaya ramah lingkungan untuk penurunan logam berat pada air limbah batik cual.

## **METODE PENELITIAN**

### **Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah batik dari pengrajin batik cual Kepulauan Bangka Belitung dan Kitosan merk *Aldrich*. Sedangkan alat yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik, *oven*, *beaker glass*, corong, kertas saring *whatman* no 41, *magnetic stirrer* dan spatula. Adapun alat yang digunakan untuk pengujian adalah *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) merk Shimadzu Tipe AA-7000 dan Uv-Vis Shimadzu 1800.

### **Prosedur**

Limbah batik cual yang digunakan diperoleh dari pengrajin batik cual di Selindung Lama, Kepulauan Bangka Belitung. Kandungan logam berat pada bahan baku batik yang digunakan diperiksa dengan Spektroskopi Serapan Atom (AAS) pada parameter unsur Fe, Cu, Zn dan Pb. Unsur tertinggi akan diamati untuk proses adsorpsi menggunakan kitosan.

Adsorpsi dilakukan dengan menambahkan 2 gram kitosan ke dalam 100 ml air limbah batik cual. Campuran kitosan mentah dan limbah cair batik diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan waktu yang berbeda yaitu 10, 20, 30 dan 40 menit. Kemudian masing-masing varian disaring dengan kertas saring. Setiap sampel air dianalisis dengan spektroskopi serapan atom (AAS) untuk mengetahui sejauh mana logam Fe teradsorpsi.

Sedangkan untuk mengetahui degradasi warna limbah batik cual menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 500-800 nm. Untuk nilai efisiensi dihitung menggunakan rumus persamaan 1.

$$\eta = \frac{C_0 - C_a}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan kandungan unsur logam yang terdapat pada limbah batik cual yang dianalisis menggunakan AAS. Berdasarkan Tabel 1 didapatkan bahwa unsur logam tertinggi dalam limbah batik cual adalah logam Fe. Keberadaan logam Fe pada limbah batik cual diduga di sebabkan pada saat proses pencelupan dan perwarnaan kain batik cual.

**Tabel 1. Unsur Kandungan Limbah Batik Cual**

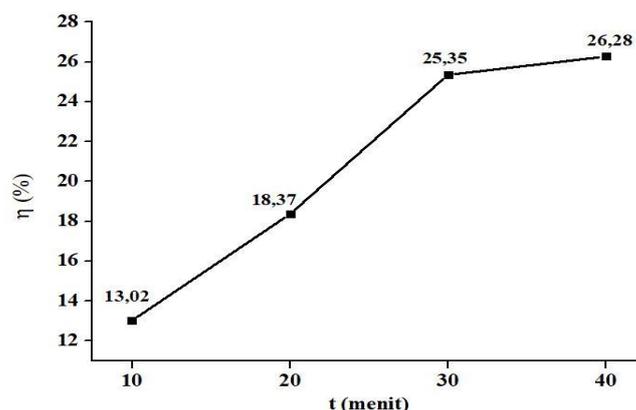
Unsur	Kandungan Logam Berat (mg/L)
Fe	0.430
Cu	0.160
Pb	0.0358
Zn	<0.0203

Pengaruh variasi waktu kontak terhadap nilai efisiensi ditunjukkan pada Gambar 1. Sedangkan data efisiensi adsorpsi logam besi (Fe) menggunakan 2 gram kitosan yang dicampur dengan 100 ml limbah batik cual dengan variasi waktu kontak 10, 20, 30 dan 40 menit ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Data Efisiensi Adsorpsi Logam Besi (Fe)**

t (menit)	C <sub>0</sub> (mg/L)	C <sub>a</sub> (mg/L)	η (%)
10	0.430	0.374	13.02
20		0.351	18.27
30		0.321	25.35
40		0.317	26.28

Berdasarkan dari Tabel 2 pada variasi waktu kontak jumlah ion logam Fe yang mampu diadsorpsi oleh 2 gram kitosan dengan 100 ml air limbah batik cual dengan konsentrasi ion logam Fe sebelum perlakuan sebesar 0.430 mg/L pada variasi waktu kontak 10, 20, 30, dan 40 menit mengalami penurunan. Sedangkan besarnya nilai efisiensi yang cenderung mengalami kenaikan dengan nilai efisiensi maksimum sebesar 26.28% terjadi pada waktu kontak 40 menit sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Efisiensi Adsorpsi**

Terlihat pada grafik nilai efisiensi adsorben kitosan dapat mengadsorpsi ion logam Fe terendah terjadi pada waktu pemaparan 10 menit sebesar 13.02%. sedangkan nilai efisiensi tertinggi adalah 26.28% pada waktu kontak 40 menit. Grafik tersebut menunjukkan bahwa kondisi belum optimal atau belum jenuh pada menit ke-40. Kondisi adsorpsi yang optimal belum diketahui karena pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada waktu kontak 40 menit belum jenuh

atau logam Fe yang masih ada pada limbah batik cual dapat teradsorpsi. Sangat mungkin kitosan masih dapat mengadsorpsi logam Fe pada limbah batik cual pada suatu saat.

Kinetika adsorpsi merupakan studi yang digunakan untuk mengetahui bagaimana mekanisme yang terjadi pada suatu adsorben. Persamaan yang digunakan untuk menentukan model kinetika orde satu semu dan orde dua semu adalah persamaan (2), dengan menghitung nilai pertama kapasitas Fe yang teradsorpsi kitosan (X) dengan menggunakan persamaan (2)

$$X = \frac{(C_0 - C_a)}{m} V \quad (2)$$

dengan Massa kitosan (m) adalah 2 gram dalam volume 100 ml limbah batik. Nilai X untuk setiap variasi waktu kontak ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Nilai X**

t (Menit)	X (mg/g)
10	0.00280
20	0.00395
30	0.00545
40	0.00565

Untuk menentukan kinetika orde satu semu dengan persamaan (3) [6]. Berdasarkan persamaan (3), laju adsorpsi ( $\lambda_{ads}$ ) dapat diperoleh dari persamaan regresi linier dengan fungsi  $\ln(X_e - X)$  sebagai fungsi t (waktu).

$$\frac{dX}{dt} = \lambda_{ads}(X_e - X) \quad (3)$$

dengan asumsi bahwa saat kondisi awal (t=0) belum terjadi adsorpsi (X=0) diperoleh solusi dari persamaan (4). Merupakan bentuk persamaan linier sebagai berikut:

$$\ln(X_e - X) = \ln X_e - \lambda_{ads} t \quad (4)$$

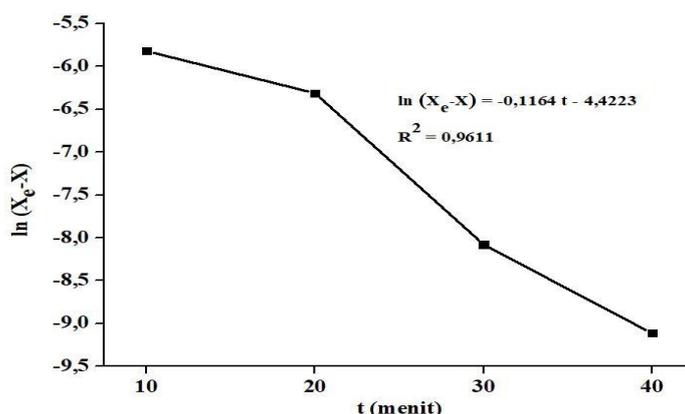
Keterangan:

$X_e$  : kapasitas maksimum adsorpsi kitosan (mg/g)

X : kapasitas logam Fe yang teradsorpsi (mg/g)

$\lambda_{ads}$  : Laju adsorpsi kitosan model orde satu semu ( $g\ mg^{-1}menit^{-1}$ )

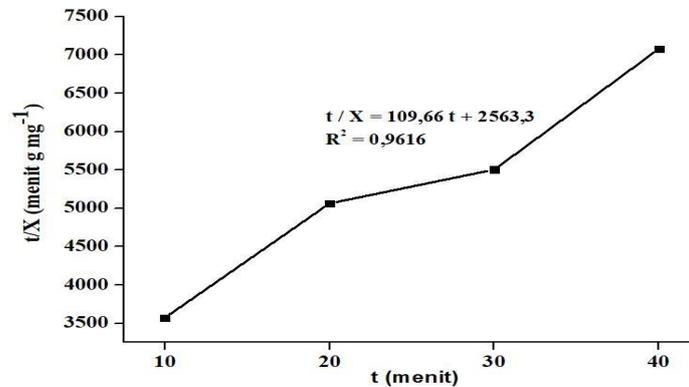
t : waktu kontak (menit)



**Gambar 2. Kinetika adsorpsi model orde satu-semu logam Fe oleh kitosan**

Berdasarkan persamaan (4), model grafik  $\ln(X_e - X)$  sebagai fungsi t tidak dapat ditentukan secara langsung karena dibatasi oleh nilai  $X_e$  yang harus ditentukan sebelumnya. Nilai  $X_e$  ditentukan dengan metode simulasi (coba) berdasarkan koefisien linieritas tertinggi ( $R^2$ ). Hasil simulasi linier model grafik diperoleh koefisien linier tertinggi pada nilai  $X_e$  sebesar 0.0576 ditunjukkan pada Gambar 2. Nilai  $X_e$  dari simulasi ini juga dikonfirmasi secara eksperimental berdasarkan analisis kapasitas logam Fe (X) yang teradsorpsi menurut Tabel 3.

Berdasarkan Gambar 2, koefisien linier persamaan kinetika adsorpsi orde satu memiliki nilai sebesar 0.9611 sedangkan nilai  $X_e$  memiliki perbedaan yang signifikan antara nilai hitung dengan nilai simulasi. Hasil hitungan lebih besar dari nilai simulasi (percobaan). Walaupun besar nilai  $R^2$  mendekati 1, namun perbedaan antara nilai  $X_e$  (percobaan) dan  $X_e$  (dihitung) sangat berbeda, seperti terlihat pada Tabel 4, menunjukkan bahwa kinetika adsorpsi orde satu semu tidak dapat digunakan untuk mekanisme kinetika adsorpsi logam Fe oleh kitosan.



**Gambar 3. Kinetika adsorpsi model orde dua Semu logam Fe oleh kitosan**

Sedangkan orde dua semu seperti pada persamaan (5) dapat diperoleh konstanta koefisien adsorpsi ( $K_{ads}$ ) dari persamaan regresi linier dengan fungsi  $t/X$  terhadap  $t$  (waktu) [7].

$$\frac{dX}{dt} = K_{ads}(X_e - X)^2 \quad (5)$$

dengan asumsi bahwa saat kondisi awal ( $t = 0$ ) belum terjadi proses adsorpsi ( $X = 0$ ) diperoleh solusi dari persamaan 6 dan disusun dalam bentuk persamaan linier sebagai berikut:

$$\frac{t}{X} = \frac{1}{K_{ads}X_e^2} + \frac{1}{X_e} t \quad (6)$$

Dimana  $K_{ads}$  adalah laju adsorpsi kitosan model orde dua semu ( $\text{g mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$ )

Persamaan kinetika orde dua adsorpsi didasarkan pada hubungan antara laju adsorpsi sebanding dengan kuadrat konsentrasi reaktan, dalam hal ini konsentrasi Fe dari logam terlarut sesuai Persamaan (6) berdasarkan hasil analisis sampel grafik memiliki nilai koefisien linier yang lebih tinggi daripada model kinetika orde satu semu. Nilai linier model ini sangat tinggi, mendekati 1 menurut Tabel 4. Hasil nilai  $X_e$  ini menunjukkan bahwa setelah 40 menit logam Fe masih teradsorpsi oleh kitosan dan akan mencapai nilai adsorpsi maksimum pada waktu tertentu sesuai Tabel 4.

**Tabel 4. Persamaan Kinetika Adsorpsi Orde Satu Semu dan Orde Dua Semu**

Kinetika Adsorpsi	persamaan kinetika	$X_e$ (mg/g)		Laju adsorpsi (g $\text{mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$ )
		Simulasi	Hitung	
Orde Satu Semu	$\ln (X_e - X) = -0.1164t - 4.4223;$ $R^2 = 0.9611$	0.00576	0.0119	0.1164
Orde Dua semu	$t/X = 109.6 t - 2563.3 ;$ $R^2 = 0.9616$	0.0091		4.6913

Hasil analisis kandungan Fe masing-masing perlakuan dengan waktu kontak yang berbeda menjadi dasar penentuan kinetika proses adsorpsi menggunakan adsorben. Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa transformasi dan perlakuan secara keseluruhan yang diberikan untuk proses adsorpsi menunjukkan model kinetika diikuti oleh model orde dua semu dengan koefisien linier sebesar 0.9616. Merujuk pada Mahmud [8], sebagian besar model kinetika adsorpsi sesuai dengan model kinetika orde dua semu karena data adsorpsi untuk

seluruh rentang waktu kontak sebagian besar merupakan adsorpsi dengan laju penyisihan rendah dan bertahan lama.

Dalam penelitian ini kinetika adsorpsi diuji menggunakan reaktor berisi sampel limbah batik cual. Pengujian kandungan logam Fe dilakukan dengan variasi waktu kontak. Penentuan orde reaksi dan konstanta dilakukan untuk melihat laju reaksi yang berlangsung. Hasil perhitungan memberikan orde reaksi yang benar pada percobaan ini, yaitu laju reaksi dengan nilai  $K_{ads}$  sebesar  $4.6913 \text{ g mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  dengan persamaan  $t/X = 109.66t - 2563.3$ .

Nilai konstanta laju adsorpsi ( $K_{ads}$ ) merupakan parameter kinetika adsorpsi yang menunjukkan seberapa cepat atau lambat proses adsorpsi. Semakin tinggi nilai  $K_{ads}$  maka semakin cepat adsorpsinya [9]. Nilai  $X_e$  merupakan jumlah zat yang teradsorpsi pada saat kesetimbangan. Semakin tinggi nilai  $X_e$  maka semakin tinggi pula jumlah zat yang teradsorpsi.

## KESIMPULAN

Semakin lama waktu kontak menyebabkan proses dekadarisasi logam Fe pada limbah batik cual oleh kitosan juga semakin besar dengan nilai efisiensi adsorpsi tertinggi sebesar 26.28% diperoleh pada waktu kontak 40 menit. Sedangkan mekanisme kinetika adsorpsi ion logam besi (Fe) terlarut pada air limbah batik cual mengikuti model kinetika adsorpsi orde dua semu dengan laju adsorpsi dan kapasitas maksimum adsorpsi sebesar  $4.6913 \text{ g mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$  dan  $0.0091 \text{ mg/g}$ .

## REFERENSI

- [1] Verawati, V. & Susanto, D., "Analisis penerimaan pajak hiburan, pajak hotel, pajak restoran, dan pertumbuhan ekonomi di Provinsi", *JEM: Jurnal Ekonomi dan Manajemen STIE Pertiba Pangkalpinang*, pp. 4(1), pp. 22-31, 2018.
- [2] Sri, I. H., "Pemanfaatan Silika (SiO<sub>2</sub>) dan Bentonit sebagai Adsorben Logam Berat Fe", *JURNAL SAINS TERAPAN*, Volume Vol. 3., 2017.
- [3] Khan, T. A., Peh, K. K. & Chang, H. S., "Reporting Degree of Deacetylation Values of Chitosan : The Influence of Analytical Methods", *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(2), pp. 205-212, 2002.
- [4] Aldila, H., "Ekstraksi Kitosan dari Limbah Cangkang Udang sebagai Adsorben Ion Logam", *PROMINE*, Volume Vol. 8 (2), pp. 65 - 71, 2020.
- [5] Daulay, A., "Penggunaan Kitosan Magnetic Nanopartikel Untuk Menyerap Kadmium (Cd) Dan Tembaga (Cu) Dengan Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom", *Tesi Medan : Universitas Sumatra Utara*, 2011.
- [6] Fang, M. X. X. Z. X. Q. a. Z. X., "Experimental study on CO<sub>2</sub> absorption by aqueous ammonia-based blended absorbent", *US. National Library of Medicine National Institute of Health*, 35(7)(2508-14), 2014.
- [7] Benefield, L. D. J. F. & B. W. L., "Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment". *New Jersey: Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs*, 1982.
- [8] Mahmud, d., "Adsorpsi Bahan Organik Alami (BOA) Air Gambut Pada Tanah Lempur Gambut Alami dan Teraktivasi", *Studi Kesetimbangan Isoterm dan Kinetika Adsorpsi INFO TEKNIK*, Volume Vol. 13 No. 1, 2012.
- [9] Fransina, E. G. d. T. M. F. J. D. P., "Studi Kimia Adsorpsi Biru Metilena pada Kitin dan Kitosan", *Jurnal Sains MIPA*, Volume 13(3):, pp. 171-178, 2007.