

# Studi Isoterm dan Kinetika Adsorpsi Cu(II) Menggunakan Kitosan Berlapis Kaolin

Moh. Fikri Rizaldi<sup>1</sup>, Nora Amelia Novitrie<sup>1</sup>, Novi Eka Mayangsari<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

\*E-mail: [noviekam@ppns.ac.id](mailto:noviekam@ppns.ac.id)

## Abstrak

Limbah cangkang kerang dara (*Anadara granosa*) merupakan permasalahan yang dihadapi masyarakat pesisir Pantai Kenjeran karena belum dimanfaatkan secara maksimal. Hal tersebut menyebabkan penumpukan cangkang kerang yang menimbulkan bau, pemandangan yang tidak indah, dan lingkungan menjadi tercemar. Cangkang kerang memiliki kandungan kitin sebesar 14-35% yang dapat dimodifikasi menjadi kitosan. Kemampuan adsorpsi kitosan dapat ditingkatkan melalui modifikasi dalam bentuk hibrida kitosan dengan material anorganik lainnya, diantaranya lempung (*clay*) seperti kaolin. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh waktu kontak terhadap penurunan logam Cu(II) dan menganalisis isoterm adsorpsi serta kinetika adsorpsi. Massa yang digunakan yaitu 0,5 g dan variasi lama waktu kontak yang digunakan yaitu selama 30 menit, 60 menit, dan 120 menit. Efisiensi penurunan Cu(II) tertinggi terjadi diperoleh pada kondisi waktu kontak selama 60 menit yaitu sebesar 48,83%. Mekanisme adsorpsi logam Cu(II) mengikuti isoterm Freundlich dengan koefisien regresi  $R^2 = 0,6692$  dan nilai  $K_f = 1,52$ . Kinetika adsorpsi logam Cu(II) mengikuti kinetika orde dua dengan koefisien regresi  $R^2 = 0,6884$  dan nilai  $k = 0,0059$ .

**Keywords:** kitosan, kaolin, adsorpsi logam Cu(II), isoterm, kinetika adsorpsi

## 1. PENDAHULUAN

Permasalahan utama yang dihadapi adalah menumpuknya limbah cangkang kerang, salah satunya yaitu cangkang kerang dara (*Anadara granosa*). Limbah cangkang kerang ini pada umumnya dimanfaatkan sebagai bahan untuk membuat suatu kerajinan untuk penghias ruangan dan pakan ternak (Mahary, 2017). Potensi yang besar dari limbah cangkang kerang serta pemanfaatan yang hanya terbatas pada pembuatan kerajinan dan pakan ternak, memunculkan konsep pemanfaatan lain yang dapat menambah nilai manfaat seperti menggunakan cangkang kerang dara sebagai alternatif adsorben.

Kandungan kitin dalam cangkang kerang sebesar 14-35% (Marganof, 2003). Salah satu senyawa turunan dari kitin adalah kitosan. Kitosan merupakan salah satu bahan biologis yang sangat berpotensi sebagai bahan adsorben yang ramah lingkungan karena kitosan memiliki gugus amina ( $-NH_2$ ) dan gugus hidroksil ( $-OH$ ) (Pramesiti *et al.*, 2012). Kitosan murni cenderung menggumpal dan membentuk gel dalam media berair, membuat sebagian besar gugus hidroksil dan amino tidak dapat diakses untuk pengikatan logam. Pelapisan kitosan sebagai lapisan tipis meningkatkan aksesibilitas tempat pengikatannya dan meningkatkan stabilitas mekanis (Futalan *et al.*, 2011). Kemampuan adsorpsi kitosan dapat ditingkatkan melalui modifikasi dalam bentuk hibrida kitosan dengan material anorganik lainnya, diantaranya lempung (*clay*) seperti kaolin. (Suwandi *et al.*, 2011). Kandungan mineral kaolin terdiri dari komponen utama silika ( $SiO_2$ ) 48,03%, alumina ( $Al_2O_3$ ) 35,50%, dan oksida-oksida logam dalam jumlah kecil (Trivanaa *et al.*, 2015). Kandungan kaolin tersebut dapat berfungsi sebagai penukar ion anorganik sehingga secara alami dapat melakukan proses pertukaran ion yang berasal dari luar dengan bantuan air (Putra *et al.*, 2015). Pemanfaatan kitosan berlapis kaolin sebagai adsorben logam Cu(II) telah dilakukan penelitian yang dilakukan Futalan *et al.* (2020) menyatakan efisiensi logam Cu(II) sebesar 82,51%.

Berdasarkan uraian di atas, kitosan dikombinasikan dengan kaolin berpotensi untuk mengadsorpsi logam berat Cu(II). Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisis pengaruh waktu kontak terhadap penurunan logam Cu(II) dan menganalisis isoterm adsorpsi serta kinetika adsorpsi.

## 2. METODE

### 2.1 Alat dan Bahan

Neraca analitik, ayakan 100 mesh, *hot plate*, oven, *magnetic stirrer*, kertas pH, kertas saring, *stopwatch*, desikator, alat penumbuk, *glass ware*, spektrofotometer UV-Vis, limbah cangkang kerang dara (*Anadara granosa*), asam klorida (HCl) (Merck), natrium hidroksida (NaOH) (Merck), akuades, tembaga (II) sulfat pentahidrat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) (Merck), Na-dietilditio karbonat 1% (Merck), dan ammonia 5% (Merck).

## 2.2 Pembuatan Kitosan

Terdapat tiga proses dalam pembuatan kitosan yaitu proses deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi.

### 2.2.1 Deproteinasi

Serbuk cangkang kerang dara ditambahkan NaOH 3,5 % dengan rasio (b/v) 1:10. Campuran dilakukan pemanasan selama 90 menit pada suhu 70°C dengan pengadukan pada 300 rpm. Padatan disaring, didinginkan, dan dicuci dengan akuades sampai pH netral. Kitin dikeringkan pada suhu 80°C selama 6 jam.

### 2.2.2 Demineralisasi

Padatan hasil deproteinasi ditambahkan HCl 1 M dengan rasio (b/v) 1:10. Campuran dipanaskan pada suhu 70°C selama 90 menit dan diaduk dengan kecepatan 300 rpm. Padatan yang terbentuk disaring dan dicuci dengan akuades sampai pH netral. Padatan dikeringkan pada oven dengan temperatur 80°C selama 6 jam sehingga diperoleh serbuk cangkang daratanpa mineral disebut juga kitin.

### 2.2.3 Deasetilasi

Kitin dideasetilasi dengan menambahkan variasi NaOH 60 % dan 70% dengan rasio (b/v) 1:20. Campuran dilakukan pemanasan selama 4 jam pada suhu 125°C dengan pengadukan pada 50 rpm. Larutan dipisahkan dan disaring melalui kertas saring. Filtrat dilakukan pencucian hingga pH netral. Padatan dikeringkan pada 80°C selama 6 jam.

## 2.3 Preparasi dan Aktivasi Kaolin

Kaolin digerus dan diayak sehingga diperoleh butiran kaolin dengan ukuran 100 mesh. Sebanyak 150 g kaolin dimasukkan kedalam gelas beker 500 mL, kemudian ditambahkan 400 mL larutan HCl 0,25 M. Campuran diaduk dengan kecepatan 300 rpm menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam dan disaring menggunakan kertas saring. Residu yang didapat dicuci dengan akuades panas sampai pH netral. Residu dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 6 jam. Setelah kering, kaolin yang telah diaktivasi dengan asam tersebut disimpan dalam desikator.

## 2.4 Sintesis Kitosan Berlapis Kaolin

Kitosan sebanyak 5 g dilarutkan dalam 300 mL HCl 0,5% (v/v). Campuran diaduk konstan selama 2 jam pada kecepatan 300 rpm pada menggunakan *magnetic stirrer*. Larutan ditambahkan 100 g material (kaolin) dan diaduk selama 3 jam. Larutan ditambahkan NaOH 1 N hingga pH netral. Adsorben dicuci dengan akuades lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam. Setelah kering, padatan tersebut disimpan dalam desikator.

## 2.5 Proses Adsorpsi Kitosan Berlapis Kaolin

Kitosan berlapis kaolin ditimbang massanya sebanyak 0,5. Massa padatan yang sudah ditimbang dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi 100 mL sampel Cu(II) konsentrasi 100 ppm dengan pH 4. Penyesuaian pH dilakukan dengan menggunakan HCl 1 M. Erlenmeyer yang berisi sampel, diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 150 rpm. Pengadukan dilakukan dengan waktu 30 menit, 60 menit, dan 120 menit. Larutan disaring kemudian filtrat yang didapat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

## 2.6 Isoterm Adsorpsi

Isoterm yang digunakan pada penelitian ini yaitu isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Kurva isoterm adsorpsi Langmuir dibuat dengan cara menghubungkan  $ce/qe$  terhadap  $ce$ . Kurva isoterm adsorpsi Freundlich dibuat dengan cara menghubungkan  $\log(ce)$  terhadap  $\log(qe)$ . Nilai  $qe$  mengikuti persamaan 1.

$$q_e = \left( \frac{c_0 - c_e}{m} \right) \times V$$

(1)

Nilai  $qe$  tersebut akan dimasukkan kedalam persamaan isoterm adsorpsi. Persamaan isoterm Freundlich mengikuti persamaan 2, sedangkan isoterm Langmuir mengikuti persamaan 3

$$\frac{c_e}{q_e} = \frac{1}{q_m \cdot K_L} + \frac{c_e}{q_m}$$

(2)

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \tag{3}$$

**2.7 Kinetika Adsorpsi**

Analisa kinetika didasarkan pada kinetika orde nol, orde satu dan orde dua (Sanjaya & Agustine, 2015). Persamaan kinetika adsorpsi orde nol, orde satu, dan orde dua secara berurutan mengikuti persamaan 4, 5, dan 6.

$$C_t = C_o - kt \tag{4}$$

$$\ln C_t = \ln C_o - kt \tag{5}$$

$$\frac{1}{C_t} - \frac{1}{C_o} = kt \tag{6}$$

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Adsorpsi Cu(II)**

Penentuan pengaruh waktu kontak kitosan berlapis kaolin terhadap logam Cu(II) dilakukan dengan memvariasikan waktu kontak selama 30, 60, dan 120 menit. yang masing-masing dikontakkan dengan limbah Cu artifisial 100 ppm sebanyak 100 mL. Hasil efisiensi penurunan logam Cu(II) pada kitosan berlapis kaolin sebagai berikut.

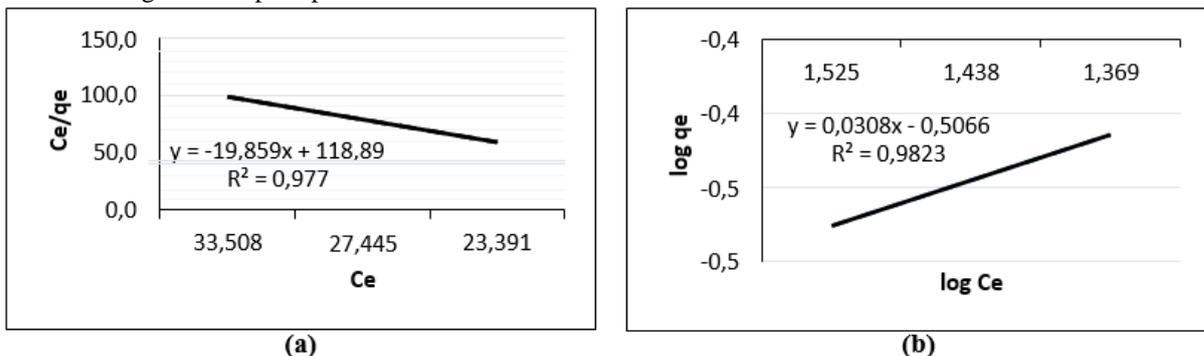
**Tabel 1.** Hasil Efisiensi Penurunan Logam Cu(II) Pada Kitosan Berlapis Kaolin

No.	Waktu Kontak (menit)	Efisiensi (%)
1.	30	47,39
2.	60	48,83
3.	120	44,43

Tabel 1 menunjukkan hasil efisiensi penurunan logam Cu(II) pada kitosan berlapis kaolin. Pada waktu kontak 60 menit, terjadi peningkatan efisiensi. Hal ini terjadi karena semakin lama waktu kontak maka interaksi ion Cu(II) dengan adsorben semakin besar, sehingga ion logam Cu(II) lebih banyak teradsorpsi. Pada waktu kontak di atas 60 menit telah mengalami kejenuhan sehingga molekul ion logam yang ada di permukaan adsorben menjadi terlepas. Penurunan terjadi disebabkan karena adanya proses desorpsi. Pada awal reaksi, peristiwa adsorpsi lebih dominan dibandingkan dengan peristiwa desorpsi, sehingga adsorpsi lebih cepat. Namun, pada waktu tertentu peristiwa adsorpsi cenderung lebih lambat, sehingga laju desorpsi meningkat. Waktu tercapainya keadaan setimbang pada proses adsorpsi berbeda-beda, hal ini dipengaruhi oleh jenis interaksi yang terjadi antara adsorben dan adsorbat (Ningsih *et al.*, 2016). Efisiensi penurunan logam Cu(II) tertinggi pada kondisi waktu kontak selama 60 menit yaitu sebesar 48,83%.

**3.2 Isoterm Adsorpsi**

Isoterm adsorpsi yang digunakan adalah isoterm Langmuir dan Freundlich. Plot grafik isoterm Langmuir yaitu  $C_e$  vs  $C_e/q_e$ , sedangkan plot grafik isoterm Freundlich yaitu  $\ln(q_e)$  vs  $\ln(C_e)$  sebagaimana seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Grafik Isoterm, (a) Isoterm Langmuir, (b) Isoterm Freundlich

Untuk melihat tingkat kesesuaian dengan data percobaan ditentukan berdasarkan koefisien regresi ( $R^2$ ) terbesar. Tabel 2 menunjukkan bahwa perbandingan nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) antara isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) isoterm Freundlich lebih besar dan lebih mendekati 1 dibandingkan isoterm Langmuir. Isoterm Freundlich lebih sesuai untuk adsorpsi logam Cu(II)

menggunakan adsorben kitosan berlapis kaolin. Isoterm Freundlich mekanisme adsorpsi terjadi molekul-molekul adsorbat akan terikat pada semua situs aktif permukaan adsorbat (*multilayer*). Nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) yang didapatkan mendekati nilai 1 yaitu 0,6692 dan nilai  $K_f = 1,52$ .

**Tabel 2.** Data Parameter Isoterm Adsorpsi

Isoterm Langmuir		Isoterm Freundlich	
Data Parameter	Nilai	Data Parameter	Nilai
Qmax	-0,6092	Kf	1,52
KL	-0,10348	1/n	0,012
R <sup>2</sup>	0,6669	R <sup>2</sup>	0,6692

### 3.3 Kinetika Adsorpsi

Selanjutnya kinetika adsorpsi dianalisis menggunakan kinetika orde nol, orde satu dan orde dua. Penentuan kinetika adsorpsi dilakukan dengan menganalisis nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) pada grafik yang mendekati satu. Berikut tabel data parameter kinetika adsorpsi Cu(II).

**Tabel 3.** Data Parameter Kinetika Adsorpsi

Kinetika Adsorpsi	R <sup>2</sup>	k
Orde Nol	0,6715	2,1429
Orde Satu	0,6803	-0,1122
Orde Dua	0,6884	0,0059

Pada adsorpsi logam Cu(II) menggunakan kitosan berlapis kaolin didapatkan kinetika yang lebih dominan muncul adalah kinetika orde dua. Proses adsorpsi kinetika orde dua memiliki makna bahwa kecepatan penyerapan adsorben terhadap logam Cu(II) per satuan waktu ( $dq/dt$ ) berbanding lurus dengan penurunan konsentrasi adsorbat ( $1/C_e$ ). Pada awal proses adsorpsi memiliki pengurangan konsentrasi larutan yang cukup drastis. Kemudian, kecepatan adsorpsi terus menurun hingga tercapai kondisiseimbang saat sudah tidak ada lagi logam Cu(II) dapat teradsorpsi ke dalam kitosan berlapis kaolin (Anggriani *et al.*, 2021). Nilai koefisien regresi linear tertingginya yang mendekati angka 1 yaitu 0,6884 dan nilai  $k = 0,0059$ .

## 4. KESIMPULAN

Efisiensi penurunan Cu(II) tertinggi terjadi diperoleh pada kondisi waktu kontak selama 60 menit yaitu sebesar 48,83%. Mekanisme adsorpsi logam Cu(II) mengikuti isoterm Freundlich dengan koefisien regresi  $R^2 = 0,6692$  dan nilai  $K_f = 1,52$ . Kinetika adsorpsi logam Cu(II) mengikuti kinetika orde dua dengan koefisien regresi  $R^2 = 0,6884$  dan nilai  $k = 0,0059$ .

## 5. DAFTAR NOTASI

$C_e$  = Konsentrasi adsorbat dalam kesetimbangan (mg/L)

$q_e$  = Jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben

(mg/g)  $q_m$  = Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

$K_L$  = Konstanta adsorpsi Langmuir

(L/mg)  $K_f$  = Konstanta adsorpsi

Freundlich (L/mg)  $C_t$  = Konsentrasi pada

saat  $t=t$

$C_0$  = Konsentrasi pada saat

$t=0$   $k$  = Konstanta kinetika

(menit<sup>-1</sup>)  $t$  = Waktu (menit)

$R^2$  = Nilai koefisien regresi

## 6. DAFTAR PUSTAKA

Anggriani, U., Hasan, A., Purnamasari, I. (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb). *Jurnal Kinetika*, 12(2), 29-37.

Futalan, C. M., Kan, C. C., Dalida, M. L., Hsien, K. J., Pascua, C., & Wan, M. W. (2011). Comparative and Competitive Adsorption of Copper, Lead, and Nickel Using Chitosan Immobilized on Bentonite. *Carbohydrate Polymers*, 83(2), 528–536.

Futalan, C. M., Yang, J. H., Phatai, P., Chen, I. P., & Wan, M. W. (2020). Fixed-bed Adsorption of

- Copper from Aqueous Media Using Chitosan-coated Bentonite, Chitosan-coated Sand, and Chitosan-coated Kaolinite. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(20), 24659–24670.
- Mahary, A. (2017). Pemanfaatan Tepung Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Sumber Kalsium Pada Pakan Ikan Lele (*Clarias Batrachus* sp). *Acta Aquatica*, 4(2), 63–67.
- Marganof, A. M. (2003). *Potensi Limbah Udang Sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmium, dan Tembaga) di Perairan*. <https://www.rudycr.com/PPS702-ipb/07134/marganof.pdf>.
- Ningsih, D., Said, I., Ningsih P. (2016). Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dari Larutannya dengan Menggunakan Adsorben dari Tongkol Jagung. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(2), 55-60.
- Pramesti, S. T., Khabibi, K., & Prasetya, N. B. A. (2012). Pemanfaatan Kitosan Termodifikasi Asam Askorbat sebagai Adsorben Ion Logam Besi (III) dan Kromium (III). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 15(2), 70–75.
- Putra, A., Lestari, N., & Meilina, H. (2015). Penyerapan Ion Timbal Dalam Air Dengan Menggunakan Modifikasi Kaolin-Surfaktan Sebagai Media Penyerap. *Bioporal Industri*, 6(2), 81–87.
- Sanjaya, A. S., & Agustine, R. P. (2015). Studi Kinetika Adsorpsi Pb Menggunakan Arang Aktif Dari Kulit Pisang. *Konversi*, 4(1), 17–24.
- Suwandi, A. C., Indraswati, N., & Ismadji, S. (2011). Modifikasi Kaolin dengan Menggunakan Surfaktan Alami dari Buah Lerak untuk Menghilangkan Zat Warna Malachite Green. *Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2011*.
- Trivanaa, L., Sugiartib, S., & Rohaetib, E. (2015). Sintesis Zeolit dan Komposit Zeolit/TiO<sub>2</sub> Dari Kaolin Serta Uji Adsorpsi-Fotodegradasi Biru Metilena (Synthesis of Zeolite and Composite of Zeolite/TiO<sub>2</sub> from Kaolin and Its Application to Adsorption-Photodegradation of Methilen Blue). *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 11(2), 147–162.