

ADSORPSI KHROM (VI) DARI LIMBAH CAIR INDUSTRI PELAPISAN LOGAM DENGAN ARANG ECENG GONDOK (*Eichornia crossipes*)

Dewi Erina Sawitri (L2C004207) dan Tri Sutrisno (L2C004279)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
 Jl. Prof Soedharto, SH - 50239 Semarang, Telp./Fax. 024-7460058
 Pembimbing : Andri Cahyo Kumoro, ST, MT, PhD

Abstrak

Eceng gondok (Eichornia crossipes) adalah gulma yang termasuk dalam kelas Liliopsida dan merupakan tumbuhan air yang tumbuh di rawa-rawa, danau, waduk atau sungai yang aliran airnya tenang. Tanaman eceng gondok mempunyai bentuk dan ukuran yang beraneka ragam tergantung pada keadaan geografi area tempat tumbuhnya. Tanaman ini mempunyai kemampuan menyerap logam berat dan senyawa sulfid. Selain itu, tanaman ini juga mengandung protein, selulosa yang lebih banyak daripada non selulosanya sebagai lignin, abu, lemak dan bahan-bahan lain. Penelitian ini bertujuan untuk menjajaki kemungkinan penggunaan eceng gondok untuk menurunkan kadar Khrom dalam limbah cair industri pelapisan logam dan mempelajari kinetika adsorpsi logam Khrom pada partikel arang eceng gondok.

Kata kunci : *adsorpsi, arang, eceng gondok, khrom, kinetika*

Abstract

Water hyacinth (Eichornia crossipes) is a type of weed in the Liliopsidae class, which grows in swamp, lake, dam or river having slow water stream. Water hyacinth has various shape and size, depending on its geographical grow area. Water hyacinth has a good adsorption property, which is able to adsorb heavy metals and sulfides. Besides, it contains protein, cellulose at higher content than non cellulosic material in the form of lignin, ash, lipids, and others. This research was purposed to investigate the possibility of water hyacinth char to reduce Chrom (VI) content in electroplating industries waste water and to study the adsorption kinetics of Chrom (VI) ions on the water hyacinth char particles.

Key words : *adsorption, char, chrom, kinetics, water hyacinth,*

1. Pendahuluan

Eceng gondok (*Eichornia crossipes*) pertama kali ditemukan secara tidak sengaja oleh Carl Friedrich Philipp von Martius, seorang botanis berkebangsaan Jerman pada tahun 1824 ketika sedang melakukan ekspedisi di Sungai Amazon, Brasilia. Eceng gondok memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi. Eceng gondok dengan mudah menyebar melalui saluran air ke badan air lainnya, sehingga tumbuhan ini dianggap sebagai gulma karena dapat merusak lingkungan perairan. Tanaman eceng gondok mengandung 17,2% protein kasar, 15-18% serat dan 16-20% abu, yang terdiri dari beberapa komponen, seperti; hidrogen, kalium, kalsium, karbon, belerang, mangan dan lain-lain. Komponen kimia yang terkandung dalam tanaman eceng gondok tergantung pada kandungan unsur hara tempat tumbuh dan sifat daya serap tanaman tersebut. Eceng gondok dapat menyerap logam-logam berat dan senyawa sulfid. Selain itu, eceng gondok mengandung protein lebih dari 11,5% atas dasar berat kering dan mengandung selulosa yang lebih tinggi daripada non selulosanya, seperti; lignin, abu, lemak dan zat-zat lain.

Khrom merupakan bahan berbahaya yang banyak dijumpai dalam bentuk oksida Cr (III) dan Cr (VI). Di dalam bahan alam, khromium selalu berada dalam bentuk senyawa bervalensi tiga, sedangkan Khromium bervalensi enam sukar dijumpai di alam karena merupakan oksidator yang sangat kuat. Khromium valensi tiga memiliki sifat racun yang lebih rendah dibanding valensi enam. Logam khrom memiliki toksisitas yang tinggi dan bersifat karsinogenik dalam badan air, sehingga membahayakan lingkungan perairan (Shankera et al, (2005). Salah satu sumber pencemaran logam khrom adalah limbah cair dari industri pelapisan logam. Pelapisan logam merupakan suatu usaha untuk melapisi permukaan suatu logam dengan pelapisan logam lain, dengan cara elektrolisis (elektrokimia) atau galvanisasi, yang bertujuan untuk memperbaiki kenampakan, kekerasan, maupun ketahanan terhadap kerusakan dan korosi.

Adsorpsi merupakan fenomena di mana molekul-molekul fluida (gas, uap, maupun cairan) secara selektif mengalami proses perpindahan massa menuju permukaan padatan penyerap. Adsorpsi terjadi karena adanya perbedaan potensial antara molekul-molekul adsorbate dengan permukaan aktif pada pori-pori adsorbent. Gaya tersebut yang menyebabkan molekul-molekul adsorbate secara difusional terjebak ke dalam pori-pori adsorbent, dan terikat untuk waktu tertentu. Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah jenis adsorbent, jenis adsorbate, konsentrasi adsorbate, luas permukaan aktif adsorbent, daya larut adsorbent, dan kemungkinan terjadinya koadsorpsi apabila terdapat lebih dari satu jenis adsorbate.

Penelitian ini bertujuan untuk menjajaki kemungkinan penggunaan eceng gondok untuk menurunkan kadar Khrom dalam limbah cair industri pelapisan logam dan mempelajari kinetika adsorpsi logam Khrom pada partikel arang eceng gondok.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian ini meliputi tiga tahap kegiatan, yaitu; analisis kadar khrom awal, perlakuan awal eceng gondok (*Eichornia crossipes*), dan proses adsorpsi.

Bahan-bahan penelitian yang digunakan antara lain; arang eceng gondok yang di peroleh dari Rawa Pening (Ambarawa) sebagai adsorbent, limbah cair industri pelapisan logam yang diperoleh dari Lingkungan Industri Kecil, Semarang dan akuades yang diproduksi di Laboratorium Proses Kimia, Jurusan Teknik Kimia, FT-UNDIP.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian meliputi; gelas piala, pengaduk bermagnet, corong, gelas pengaduk, gelas ukur, timbangan, kertas saring dan spektrofotometer serapan atom (AAS).

Prosedur percobaan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.1 Analisis kadar Cr awal limbah

Larutan Cr standar dibuat dengan konsentrasi 1, 2, 3, dan 4 ppm. Panjang gelombang pada AAS diatur pada 357,9 nm. Sebanyak 10 mL larutan standar diukur absorbansinya menggunakan AAS dan dibuat kurva standar yang menyatakan hubungan konsentrasi ion Cr (VI) dengan absorbansinya. Sebanyak 10 mL contoh air limbah diukur absorbansinya dan hitung konsentrasi ion Cr (VI)nya berdasarkan kurva standar yang dibuat sebelumnya.

2.2 Perlakuan awal Eceng gondok

Tanaman eceng gondok diletakkan di tempat yang bersih dan terbuka dan dikeringkan dibawah terik sinar matahari. Setelah benar-benar kering eceng gondok dihancurkan dengan menggunakan blender sampai menjadi serbuk. Sebagian eceng gondok kering dibakar dan diambil arangnya untuk digunakan sebagai adsorbent.

2.3 Proses adsorpsi

Sebanyak 250 ml air limbah industri pelapisan logam dimasukkan ke dalam gelas piala, kemudian ditambahkan adsorbent sebanyak 5 gram ke dalamnya. Sistem ini diaduk secara terus menerus agar selalu homogen. Setiap 1 jam, sebanyak 10 mL sampel diambil untuk dianalisis kadar khromnya dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (AAS).

2.4 Kinetika Adsorpsi

Hubungan antara prosen khrom yang teradsorpsi dengan waktu kontak digunakan untuk mencari konstanta kinetika adsorpsi pada *Eichornia crossipes* (Mohanty et al, 2005):

$$R = a(t)^b \quad (1)$$

persamaan tersebut jika dilinierisasikan menjadi :

$$\text{Log}(R) = \text{Log}(a) + b.\text{Log}(t) \quad (2)$$

Model kinetika digunakan untuk mengetahui kecepatan proses adsorpsi dan tahapan yang mengontrol pada proses adsorpsi. Data kinetika yang didapat yang berupa kapasitas adsorpsi, yang dapat diperoleh melalui pemodelan dengan menggunakan model orde satu semu dan orde dua semu. Model orde satu semu pertama kali diperkenalkan oleh Lagergren (1898), sehingga persamaan ini juga disebut sebagai persamaan Lagergren dan dirumuskan sebagai:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1.(q_e - q_t) \quad (3)$$

setelah diintegrasikan dengan menggunakan keadaan batas $t = 0$ sampai $t = t$ dan $q_t = 0$ sampai $q_t = q_t$, diperoleh persamaan:

$$\text{Log}(q_e - q_t) = \text{Log}(q_e) - \frac{k_1}{2.303}.(t) \quad (4)$$

Adsorpsi yang diawali oleh difusi melewati bidang batas antar fase fluida-padatan, biasanya mengikuti persamaan orde satu semu.

Persamaan orde dua semu diusulkan oleh Ho dan McKay (1998), seperti berikut:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2.(q_e - q_t)^2 \quad (5)$$

dengan keadaan batas $t = 0$ sampai $t = t$ dan $q_t = 0$ sampai $q_t = q_t$. Hasil integrasi persamaan diatas menjadi :

$$\frac{1}{(q_e - q_t)} = \frac{1}{q_e} + k_2 \cdot t \quad (6)$$

Persamaan (6) dapat disusun kembali dalam bentuk linier menjadi :

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 \cdot q_e^2} + \frac{1}{q_e} \cdot t \quad (7)$$

Mohanty et al (2005) mengusulkan bentuk model kinetika adsorpsi orde dua semu yang dirumuskan sebagai:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{2} \cdot K' \cdot q_e^2 + \frac{1}{q_e} \cdot t \quad (8)$$

Model orde dua semu mempertimbangkan langkah pengontrol dalam bentuk ikatan kimia yang saling berbagi atau bertukar elektron antara adsorbate dan adsorbent yang digunakan. (Ho dan McKay, 1998)

2.4 Isotherm Adsorpsi

Kapasitas ion logam yang teradsorpsi pada saat kesetimbangan yang dihitung berdasarkan pada neraca massa dari ion logam dapat dirumuskan sebagai berikut (Mohanty et al., 2005):

$$q_t = \frac{V \cdot (C_o - C_e)}{M} \quad (9)$$

Hubungan berat logam yang teradsorpsi dengan konsentrasi ion logam pada saat kesetimbangan dapat digambarkan melalui linierisasi dari hukum freundlich :

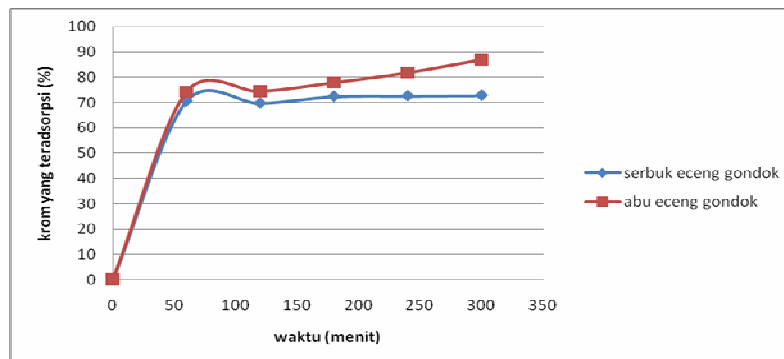
$$\ln \left(\frac{x}{m} \right) = \ln k + n \cdot \ln C_e \quad (10)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kinetika adsorpsi

Pengaruh perbandingan jenis adsorbent terhadap prosentase khrom yang teradsorpsi

Profil jumlah khrom yang teradsorpsi pada adsorbent partikel serbuk eceng gondok dan arang eceng gondok seperti tersaji pada Gambar 1 di bawah ini.

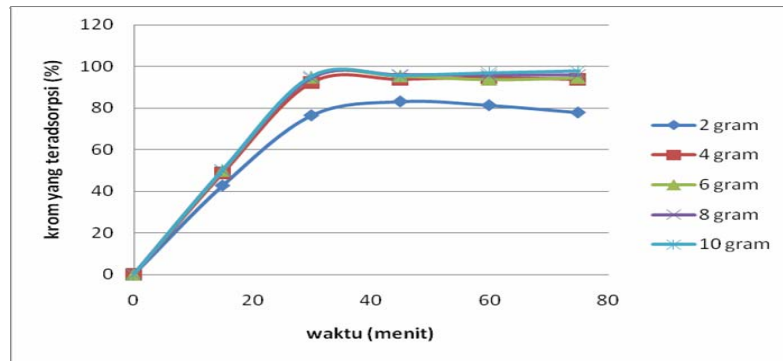


Gambar 1. Hubungan antara waktu dan jumlah khrom yang terjerap pada serbuk eceng gondok dan arang eceng gondok

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa adsorbent arang eceng gondok dapat mengadsorpsi khrom daripada adsorbent serbuk eceng gondok dalam jumlah yang lebih banyak. Hal ini disebabkan karena arang eceng gondok merupakan partikel serbuk eceng gondok yang telah melalui proses karbonisasi dan terbentuk pori-pori baru, sehingga memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dan luas permukaan aktif yang lebih besar daripada partikel serbuk eceng gondok kering biasa. Ini menunjukkan bahwa arang eceng gondok memiliki pori yang lebih banyak.

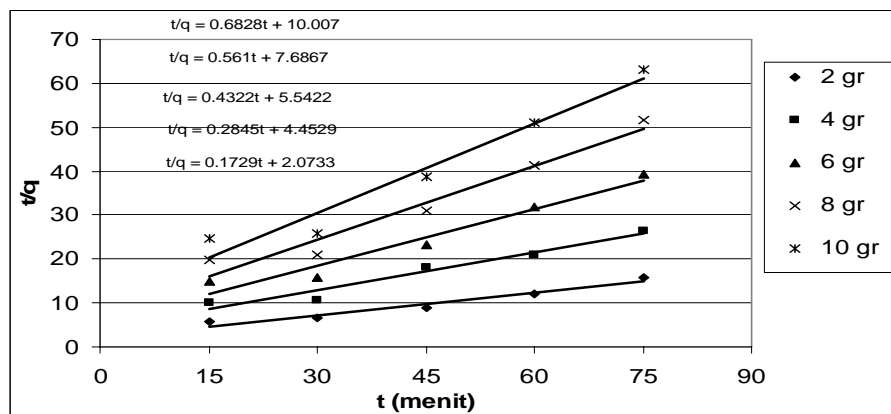
Pengaruh penggunaan mass adsorbent yang berbeda terhadap prosentase khrom yang teradsorpsi.

Jumlah khrom yang teradsorpsi sebagai fungsi waktu pada berbagai massa umpun adsorbent tersaji pada Gambar 2. Dari gambar 2 dapat diketahui bahwa pada penggunaan massa adsorbent yang semakin besar mengakibatkan jumlah khrom yang teradsorpsi juga semakin banyak. Hal ini disebabkan oleh tersediaannya luas permukaan yang lebih besar untuk mengadsorpsi khrom pada penggunaan adsorbent yang lebih banyak.



Gambar 2. Hubungan antara presentasi Khrom yang teradsorpsi terhadap waktu pada berbagai berat adsorbent yang berbeda

Perbandingan model kinetika pada proses adsorpsi khrom pada variabel berat adsorbent



Gambar 3. Grafik Hubungan t/q_t vs Waktu pada Berbagai Massa Adsorbent

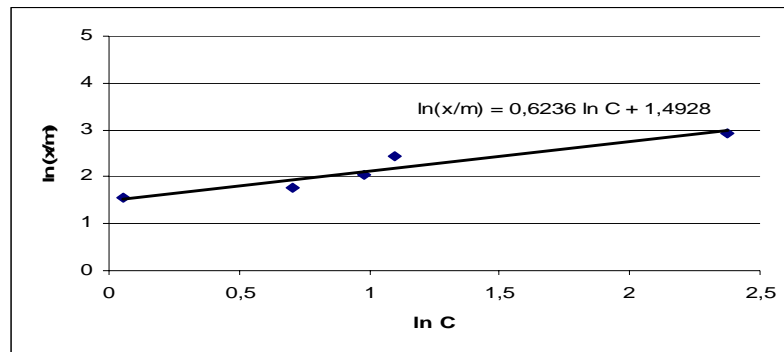
Model yang dipakai dalam mempelajari kinetika adsorpsi adalah model orde satu semu dan model orde dua semu. Untuk mengetahui model kinetika yang sesuai untuk sistem adsorpsi ion logam khrom pada permukaan aktif arang eceng gondok, maka perlu dilukiskan hubungan antara prosentase khrom yang teradsorpsi (%) terhadap waktu, seperti pada persamaan (4) dan hubungan antara kapasitas adsorpsi (%) terhadap waktu, seperti pada persamaan (7). Dapat diketahui meskipun model kinetika adsorpsi orde satu semu cocok untuk beberapa data, tetapi model ini tidak diterima oleh keseluruhan data yang diperoleh dari penelitian ini. Sedangkan model kinetika adsorpsi orde dua semu cocok untuk semua data percobaan, dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3. Nilai kapasitas adsorpsi pada saat equilibrium (q_e) dan konstanta kecepatan adsorpsi (k_2) dapat dilihat pada Tabel 1. Hal ini dapat dilihat dari hubungan t/q_t vs waktu yang linier. Model kinetika adsorpsi orde dua semu dapat diterima apabila hubungan t/q_t vs waktu menghasilkan grafik yang linier.

Tabel 1 Nilai q_e Hasil Perhitungan, Konstanta Kecepatan Adsorpsi Orde Dua Semu dan q_e Percobaan

Berat adsorbent (gr)	$q_{e,cal}$	k_2	$q_{e,exp}$
2 gr	5,7837	0,014419	4,7175
4 gr	3,5149	0,018177	2,844375
6 gr	2,3137	0,033706	1,9096
8 gr	1,7825	0,040945	1,452188
10 gr	1,4646	0,046586	1,186

3.2 Isotherm Adsorpsi

Isotherm adsorpsi khrom diuji dengan model Freundlich, seperti dapat dilihat pada Gambar 4. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa model Freundlich sesuai untuk mewakili sistem kesetimbangan adsorpsi ion logam khrom pada permukaan aktif arang eceng gondok.



Gambar 4. Profil Isotherm Freundlich

4. Kesimpulan

1. Arang eceng gondok merupakan adsorbent ion Cr (VI) yang lebih baik daripada serbuk eceng gondok.
2. Semakin besar rasio massa adsorbent terhadap air limbah yang digunakan semakin banyak jumlah khrom yang teradsorpsi.
3. Model orde dua semu merupakan model yang paling sesuai untuk mewakili model kinetika proses adsorpsi khrom menggunakan arang eceng gondok.

Ucapan Terima Kasih

Penyusun mengucapkan terimakasih kepada Bapak Andri Cahyo Kumoro, ST, MT, PhD selaku dosen Pembimbing dan semua pihak yang telah membantu hingga penelitian dapat terselesaikan sampai dengan tersusunnya laporan penelitian ini

Daftar Notasi

a dan b	= konstanta kinetika adsorpsi (-)
C_0	= konsentrasi solute awal (mg/L)
C_t	= konsentrasi solute pada waktu t (mg/L)
k	= konstanta linear freundlich (-)
k_1	= konstanta kecepatan orde satu semu (1/min)
k_2	= konstanta kecepatan orde dua semu (g/mg.min)
m	= berat adsorbent (g)
M	= massa adsorben (g)
n	= konstanta eksponensial freundlich (-)
q_e	=kapasitas adsorpsi pada saat equilibrium (mg/g)
q_t	= kapasitas adsorpsi pada waktu t (mg/g)
R	= prosentase khrom yang teradsorpsi (%)
t	= waktu kontak (menit)
V	= volume larutan (L)
x	= berat teradsorpsi (g)

Daftar Pustaka

- Shankera et al, (2005), "Chromium toxicity in plants. Environment International", 31, Hal. 739– 753
- Ho, Y.S. and McKay, G., (1998), "Pseudo-second order model for sorption processes", *Process Biochemistry* 34, Hal. 451–465
- Ho, Y.S. (2006), "Review of second-order models for adsorption systems", *Journal of Hazardous Materials B136*, Hal. 681–689
- Mohanty, K., Mousam Jha, B.C. Meikap, M.N. Biswas, (2006), Biosorption of Cr(VI) from aqueous solutions by *Eichhornia crassipe*. *Chemical Engineering Journal* 117, Hal. 71–77