



SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA VI
"Pemantapan Riset Kimia dan Asesmen Dalam Pembelajaran
Berbasis Pendekatan Saintifik"
Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS
Surakarta, 21 Juni 2014



**MAKALAH
PENDAMPING**

KIMIA ANALITIK

ISBN : 979363174-0

ADSORPSI ION Cr(VI) MENGGUNAKAN KARBON AKTIF YANG TERBUAT DARI TEMPURUNG BIJI NYAMPLUNG (*Calopyllum inophyllum* Linn)

Ita Ulfin^{1*}, Hendro Juwono¹ dan Nadhifah Al Indis²

^{1 & 2} Kimia, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

*Telp: 081938220147, email: itau@chem.its.ac.id

ABSTRAK

Adsorpsi ion Cr(VI) menggunakan karbon aktif yang terbuat dari tempurung biji nyamplung (*Calopyllum inophyllum* Linn) dilakukan dengan metode batch. Serbuk tempurung biji nyamplung diaktivasi dengan H₂SO₄ 50% (v/v) kemudian dikarbonisasi pada suhu 300°C selama 45 menit. Adsorpsi dilakukan dengan variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi awal ion Cr(VI). Berdasarkan hasil percobaan, diperoleh kondisi optimum adsorpsi pada pH = 1 dengan prosentase adsorpsi sebesar 20,95%, waktu kontak 150 menit dengan prosentase adsorpsi sebesar 26,36%, dan konsentrasi awal ion Cr(VI) 150 mg/L dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,376 mg/g. Kinetika adsorpsi ion Cr(VI) menggunakan karbon aktif dari tempurung biji nyamplung mengikuti model orde dua semu ($K_2 = 0,1703$ L/mg.menit).

Kata Kunci : adsorpsi, *Calopyllum inophyllum* Linn, ion Cr(VI), karbon aktif.

PENDAHULUAN

Residu logam berat pada habitat yang terkontaminasi dapat terakumulasi dalam mikroorganisme, flora dan fauna air, yang pada akhirnya dapat memasuki rantai makanan manusia dan menimbulkan masalah bagi kesehatan. Salah satu contoh

logam berat yang sering digunakan dalam industri adalah kromium. Kromium banyak digunakan dalam industri elektroplating krom, penyamakan kulit, fotografi, konstruksi semen, dan sebagai agen pengoksidasi. Kromium biasanya ditemukan dalam

lingkungan dengan bilangan oksidasi (III) dan (VI) [1].

Setiap jenis bilangan oksidasi kromium mempunyai sifat fisika dan kimia yang berbeda. Ion Cr(III) dianggap stabil, unsur inert dalam lingkungan, dan esensial untuk mamalia dalam jumlah yang sedikit, sedangkan ion Cr(VI) jauh lebih labil, beracun dan karsinogenik untuk berbagai organisme. Contoh efek buruk pada kesehatan yang ditimbulkan oleh ion Cr(VI) adalah gangguan pada kulit, gangguan pernafasan, kerusakan hati dan ginjal, menurunkan sistem kekebalan tubuh, perubahan materi genetik, kanker paru-paru, dan sebagainya [1].

Teknologi umum yang sering digunakan untuk pengolahan logam berat dalam air adalah bahan kimia pengendap. Dalam kasus limbah cair yang mengandung ion Cr(III), pengurangannya bisa diendapkan dalam bentuk endapan kromium hidroksida tetapi untuk ion Cr(VI) tidak demikian, karena ion Cr(VI) tidak dapat mengendap dengan anion hidroksida. Baru-baru ini, residu logam berat yang mengandung ion Cr(VI) dapat dikurangi dengan cara adsorpsi menggunakan karbon aktif. Karbon aktif terbuat dari bahan yang mengandung karbon, baik organik maupun anorganik. Bahan karbon aktif biasanya berupa kayu, serbuk kayu, limbah kayu gergaji, sabut kelapa, tempurung buah, sekam padi, jerami, serta bahan polimer seperti poliakrilonitril dan rayon [1].

Pada penelitian sebelumnya, ion Cr(VI) dapat diadsorpsi menggunakan karbon aktif yang terbuat dari kayu

tanaman asam [1]. Adsorpsi ion Cr(VI) juga pernah diteliti menggunakan karbon aktif yang terbuat dari tanaman alga [2]. Selanjutnya, limbah pembuatan minyak nyamplung atau tempurung biji nyamplung dimanfaatkan sebagai karbon aktif untuk adsorben ion Pb(II) [3] dan untuk penjernihan minyak nyamplung [4], sedangkan pada penelitian ini karbon aktif dibuat dari tempurung biji nyamplung digunakan untuk adsorpsi ion Cr(VI).

METODE PENELITIAN

A. Pembuatan Karbon Aktif

Tempurung biji nyamplung dicuci, dikeringkan, lalu dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan mesh (ukuran partikel 45 μm). Setelah itu diaktivasi dengan larutan H_2SO_4 50%, lalu disaring dan dicuci dengan aquades hingga filtratnya netral. Residunya dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C, lalu dikarbonisasi dalam *muffle furnace* pada suhu 300°C selama 45 menit.

B. Proses Adsorpsi

Larutan stok sintetik kromium (VI) 1000 mg/L dibuat dengan melarutkan sejumlah padatan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dalam HNO_3 1%. Kemudian larutan kerja ion Cr(VI) dengan konsentrasi yang diperlukan dibuat dengan mengencerkan larutan stok ion Cr(VI) 1000 mg/L.

Secara garis besar percobaan adsorpsi dilakukan sebagai berikut: 50 mL larutan Cr (VI) yang diatur pH nya dengan larutan HNO_3 atau KOH dituang dalam beaker glass 100 mL yang berisi adsorben karbon aktif dengan dosis 2 g/L. Campuran di aduk dengan

kecepatan 250 rpm pada temperature ruang, Setelah waktu tertentu, maka adsorben dipisahkan dan filtrat yang diperoleh dianalisa kadar Cr nya dengan SSA.

Pada penelitian ini dilakukan variasi pH, waktu kontak dan konsentrasi adsorbat. Dari data variasi waktu kontak yang diperoleh akan digunakan untuk mengetahui kinetika adsorpsi Cr terhadap karbon aktif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Serbuk kulit biji nyamplung yang belum dikarbonisasi (biomassa) dan karbon aktif yang terbuat dari tempurung biji nyamplung dengan aktivator H_2SO_4 50% (v/v) dapat dilihat pada Gambar 1.



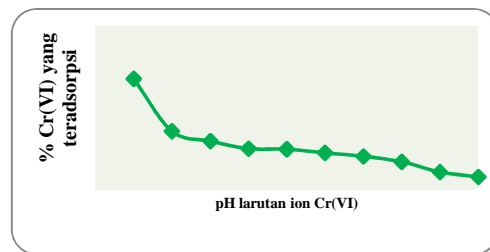
Gambar 1. (a) Serbuk kulit biji nyamplung dan (b) serbuk karbon aktif

Aktivator H_2SO_4 meningkatkan terbentuknya ikatan silang pada karbon aktif. Penggunaan H_2SO_4 sebagai aktivator lebih baik daripada $ZnCl_2$ karena jika menggunakan $ZnCl_2$ akan meninggalkan residu Zn pada karbon aktif [5]. Serbuk kulit biji nyamplung berwarna coklat muda, sedangkan serbuk karbon aktif berwarna hitam pekat (Gambar 1). Hal tersebut karena selama proses karbonisasi, terjadi perubahan selulosa menjadi atom atom karbon yang berwarna hitam.

Proses Adsorpsi

A.1. Variasi pH Larutan Ion Cr(VI)

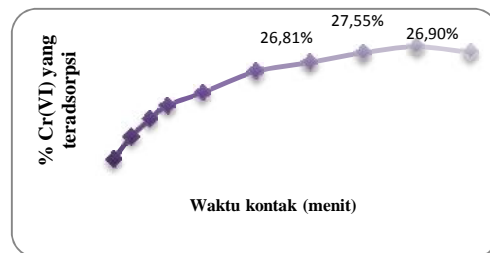
Kurva variasi pH larutan ion Cr(VI) terhadap prosentase adsorpsi ion Cr(VI), dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan kurva pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa prosentase adsorpsi optimum pada pH 1. Semakin tinggi pH larutan, maka prosentase adsorpsi semakin menurun. Nilai pH larutan yang rendah dapat menyebabkan permukaan karbon aktif terprotonasi ke tingkat yang lebih tinggi, sehingga menyebabkan interaksi pengisian ion Cr(VI) negatif ke dalam karbon aktif menjadi lebih mudah [7].



Gambar 2. Kurva variasi pH larutan ion Cr(VI) terhadap % Cr yang teradsorpsi (kondisi: waktu kontak 60 menit, adsorben = 2 g/L, konsentrasi Cr(VI) = 50 mg/L)

A.2. Variasi Waktu Kontak

Kurva variasi waktu kontak terhadap prosentase adsorpsi ion Cr(VI) dapat dilihat pada Gambar 3.

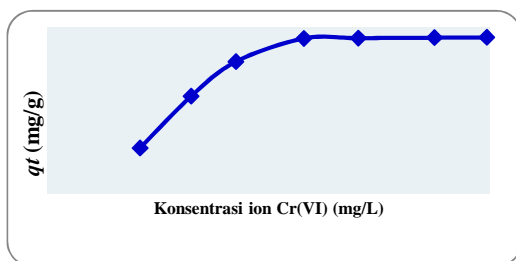


Gambar 3. Kurva variasi waktu kontak terhadap % Cr yang teradsorp (kondisi: pH = 1, adsorben = 2 g/L, konsentrasi Cr(VI) = 50 mg/L)

Berdasarkan kurva pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa semakin lama waktu adsorpsi, maka semakin besar prosentase ion Cr(VI) yang teradsorpsi. Namun mulai dari waktu kontak 120 menit hingga 210 menit, kurva mulai melandai. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif sudah mulai jenuh. Pada waktu adsorpsi 150 menit dan 210 menit, menghasilkan prosentase adsorpsi yang hampir sama yaitu 26,81% dan 26,90%, sehingga waktu adsorpsi maksimum diambil pada waktu kontak 150 menit.

A.3. Variasi Konsentrasi Ion Cr(VI)

Kurva pengaruh konsentrasi awal ion Cr(VI) terhadap kapasitas adsorpsi (q_t) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva konsentrasi Cr(VI) (C_0) terhadap kapasitas adsorpsi (q_t) (kondisi : pH = 1, waktu kontak = 150 menit, adsorben = 2 g/L)

Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa kapasitas adsorpsi semakin meningkat dari konsentrasi 10 mg/L sampai 50 mg/L. Namun mulai dari konsentrasi ion Cr(VI) 75 mg/L hingga 150 mg/L, nilai

kapasitas adsorpsi (q_t) cenderung konstan yaitu 0,373; 0,374; 0,375; dan 0,376 mg/g. Hal tersebut dikarenakan karbon aktif sudah mulai jenuh. Konsentrasi ion Cr(VI) yang maksimum adalah 150 mg/L karena kapasitas adsorpsinya paling besar yaitu 0,376 mg/g.

A.4 Kinetika Adsorpsi

Untuk mengetahui orde dari laju adsorpsi, dapat digunakan persamaan Lagergren untuk orde satu dan dua semu. Data yang digunakan untuk menentukan orde dari laju adsorpsi adalah data variasi waktu kontak. Persamaan Lagergren yang digunakan untuk menghitung kinetika adsorpsi orde satu semu dapat dilihat di bawah ini :

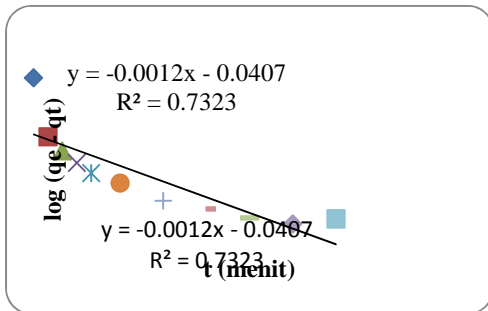
$$\log (q_e - q_t) = \log q_e - \frac{K_1}{2.303} t \quad (1)$$

dari persamaan diatas dapat dibuat kurva antara t sebagai sumbu-X dan $\log (q_e - q_t)$ sebagai sumbu-Y. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan maka dapat dibuat kurva orde satu semu yang dapat dilihat pada Gambar 5.

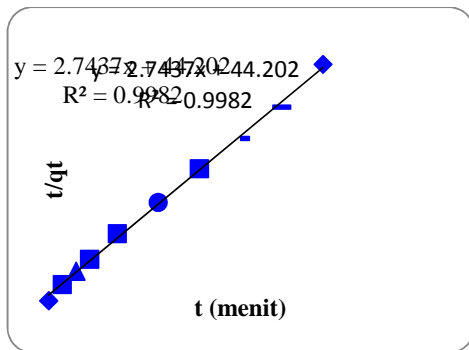
Persamaan linier untuk laju adsorpsi orde dua semu adalah :

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 \cdot q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (2)$$

dari persamaan diatas dapat dibuat kurva antara t sebagai sumbu-X dan t/q_t sebagai sumbu-Y. Berdasarkan perhitungan dapat dibuat kurva orde dua semu yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Kurva orde satu semu adsorpsi Cr (VI) dengan karbon aktif



Gambar 6. Kurva orde dua semu adsorpsi Cr dengan karbon aktif

Pada Gambar 5 dan Gambar 6, dapat dilihat bahwa kurva orde dua semu lebih linier daripada kurva orde satu semu dengan masing-masing nilai R^2 yaitu 0,998 dan 0,732. Berdasarkan persamaan regresi dari masing-masing orde yang dihubungkan dengan persamaan Lagergren untuk model orde satu dan dua semu, maka diperoleh nilai K_1 dan K_2 sebesar $0,00276 \text{ menit}^{-1}$ dan $0,1703 \text{ L/mg.menit}$. Adsorpsi ion Cr(VI) menggunakan karbon aktif yang terbuat dari tempurung biji nyamplung mengikuti model orde dua semu karena kurva orde dua semu memiliki nilai R^2 yang lebih mendekati angka 1 dan nilai K_2 lebih besar dari nilai K_1 .

Kinetika adsorpsi yang mengikuti model orde dua semu menggambarkan mekanisme adsorpsi yang terdiri dari dua proses, yaitu adsorpsi kimia dan adsorpsi fisika. Adsorpsi kimia terjadi ketika adsorbat memasuki pori-pori adsorben dan membentuk *monolayer* yang tidak akan bertambah lapisannya walaupun konsentrasi, waktu kontak, dan suhu adsorpsi dinaikkan. Adsorpsi fisika terjadi saat adsorbat menempel pada permukaan adsorben dan membentuk lapisan *multilayer* dengan seiring bertambahnya konsentrasi, waktu kontak, dan suhu adsorpsi [2].

KESIMPULAN

Adsorpsi ion Cr(VI) menggunakan karbon aktif yang terbuat dari tempurung biji nyamplung memiliki kondisi :

1. pH optimum adalah 1, dengan prosentase adsorpsi sebesar 20,95%.
2. Waktu kontak maksimum adalah 150 menit, dengan prosentase adsorpsi sebesar 26,36%.
3. Konsentrasi ion Cr(VI) maksimum adalah 150 mg/L, dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,376 mg/g.
4. Kinetika adsorpsi ion Cr(VI) menggunakan karbon aktif yang terbuat dari tempurung biji nyamplung mengikuti model orde dua semu ($K_2 = 0,1703 \text{ L/mg.menit}$).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepada Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik, Laboratorium Balai Besar Kesehatan Surabaya, serta Laboratorium

Lingkungan Hidup ITS yang telah membantu proses analisis dalam penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] A.M.F. Orozco, E.M. Contreras, dan N.E. Zaritsky, "Modelling Cr(VI) Removal by A Combined Carbon-Activated Sludge System", 20008, *J. Hazard Mater*, 150, 46–52.
- [2] H. Zang, Y. Tang, D. Cai, X. Liu, X. Wang, Q. Huang, dan Z. Yu, "Hexavalent Chromium Removal from Aqueous Solution by Algal Bloom Residue Derived Activated Carbon : Equilibrium and Kinetic Studies", 2010, *J. Hazard Mater*, 181, 801–808.
- [3] O.S. Lawal, A.R. Sanni, I.A. Ajayi, dan O.O. Rabi, "Equilibrium, Thermodynamic, and Kinetic Studies for the Biosorption of Aqueous Lead (II) Ions onto the Seed Husk of *Calophyllum Inophyllum*". 2010, *J. Hazard. Mater*, 177, 829–835.
- [4] S.Wibowo, *Karakteristik Arang Aktif Tempurung Biji Nyamplung (Chalophyllum inophyllum Linn) dan Aplikasinya sebagai Adsorben Minyak Nyamplung*, Tesis, Sekolah Pasca Sarjana IPB (2009).
- [5] O. Gercel, dan H. Gercel, "Adsorption of Lead(II) Ions from Aqueous Solutions by Activated Carbon Prepared from Biomass Plant Material of *Euphorbia rigida*", 2007, *J. Chem.Eng.* 132, 289–297.
- [6] M. Arulkumar, K. Thirumalai, P. Sathishkumar, dan T. Palvanan, "Rapid Removal of Chromium from Aqueous Solution Using Novel Prawn Shell Activated Carbon", 2012, *J. Chem. Eng.*, 178–186.
- [7] M. Miura, H. Kaga, A. Sakurai, T. Kakuchi, dan K. Takahashi, "Rapid Pyrolysis of Wood Block by Microwave Heating". 2004, *J. Anal. Appl Pyrol*, 71,99-187.
- [8] S. Wibowo, *Karakteristik Arang Aktif Tempurung Biji Nyamplung (Chalophyllum inophyllum Linn) dan Aplikasinya sebagai Adsorben Minyak Nyamplung*, Tesis, Sekolah Pasca Sarjana IPB (2009).

TANYA JAWAB

Nama Penanya : Fahri Cahyana

Nama Pemakalah : Ita Ulfin

Pertanyaan :

- Mengapa digunakan tempurung biji nyamplung pada penelitian ini?
- Bagaimana karakteristik tempurung dari biji buah nyamplung sebagai adsorben?

Jawaban :

- a. Karena pada pembuatan biodiesel, tempurung dari biji buah nyamplung ini terbuang, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai adsorben baik sebagai biodiesel (biomassa) atau sebagai karbon aktif. Apabila dijadikan karbon aktif daya serapnya lebih tinggi.
- b. Karakteristik tempurung dari biji buah nyamplung ini sama seperti adsorben yang lain yaitu sebagai karbon aktif, hanya ukuran pori yang berpengaruh.