



Adsorpsi Ion Logam Kromium (Cr (VI)) Menggunakan Karbon Aktif dari Bahan Baku Kulit Salak

Selvy Utama, Hans Kristianto dan Arenst Andreas*

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Katholik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit 94, Bandung

*E-mail: arenst@unpar.ac.id

Abstract

Heavy metals are elements which are produced in industrial waste. This heavy metal waste causes pollution to the environment if the content of heavy metals contained therein exceeds the threshold. The toxic's properties are extremely dangerous for humans if it accumulates in the human body. One of the heavy metals that are produced is chromium. Several chemical and biological methods to remove heavy metals contained in the waste have been found. The adsorption method is one of the efficient and effective ways to treat heavy metal waste. In this study, activated carbon was prepared from salacca peel. Effects of pH, adsorbent dosage and Cr(VI) concentration on the adsorption of hexavalent chromium were investigated. The results were analyzed with Langmuir, Freundlich, Temkin, and Dubinin-Radushkevich adsorption isotherm models. And kinetic of the adsorption was performed based on pseudo first order, pseudo second order, and intraparticle diffusion equations. From the research, it is known that the optimum conditions for the Chromium(VI) adsorption occurs at pH 2. The adsorption capacity of salacca peel based activated carbons for the removal of hexavalent chromium was found to be 123 mg/g. And the best adsorption isotherm which can represent the adsorption equilibrium is Langmuir isothermal adsorption model. Moreover the data indicated that the adsorption kinetics follow the pseudo second order.

Keyword: Adsorption, Salacca peel, KOH, Activated Carbons, Chromium

Pendahuluan

Metode adsorpsi merupakan salah satu cara yang efisien dan efektif untuk mengolah limbah ion logam kromium. Adsorpsi terjadi karena adanya *driving force* berupa konsentrasi, dan *surface acidity* dengan menggunakan adsorben yang merupakan suatu zat padat dengan kemampuan untuk mengadsorpsi suatu komponen dalam fluida gas maupun cair, dimana padatan tersebut memiliki pori yang mengandung karbon atau bahan organik. Keunggulan metode ini adalah tidak terbentuk lumpur atau slurry, zat warna dapat dihilangkan dengan baik dan adsorben yang telah digunakan dapat diregenerasi sehingga dapat digunakan kembali untuk proses pengolahan limbah. Adsorben yang umumnya digunakan untuk pengolahan limbah ion logam kromium adalah karbon aktif. Karbon aktif dapat mengadsorpsi dengan baik senyawa-senyawa organik (Worch, 2012) dan biaya produksi yang relatif murah karena bahan baku pembuatan karbon aktif dapat berasal dari limbah biomassa. Pada penelitian ini digunakan kulit salak sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif. Penggunaan kulit salak sebagai bahan baku dikarenakan produksi buah salak di Indonesia sangat berlimpah dan masih minimnya pengolahan limbah dari kulit salak menjadi produk yang lebih bermanfaat serta kandungan kulit salak sendiri yang terdiri dari selulosa. Dalam penelitian ini sintesis karbon aktif dilakukan dengan aktivasi kimia menggunakan senyawa KOH. Kelebihan senyawa KOH sebagai *activating agent* diantaranya menghasilkan karbon aktif dengan pori-pori yang didominasi dengan ukuran mikropor, dimana diketahui bahwa adsorben dengan ukuran pori mesopor dan mikropor lebih efektif untuk proses adsorpsi. Selain itu aktivasi dengan KOH menghasilkan produk samping berupa *tar* yang lebih sedikit (Marsh dan Rodriguez-Reinoso, 2006). Karbon aktif yang telah disintesis kemudian diuji untuk mengadsorpsi ion logam kromium (Cr(VI)). Fokus dari penelitian ini adalah karbon aktif disintesis dengan aktivasi kimia senyawa KOH dan digunakan untuk proses adsorpsi ion logam kromium (Cr(VI)). Dari proses adsorpsi akan diketahui kapasitas dan parameter-parameter adsorpsi Isotermal serta kinetika proses adsorpsi.



Metode Penelitian

Sintesis karbon aktif

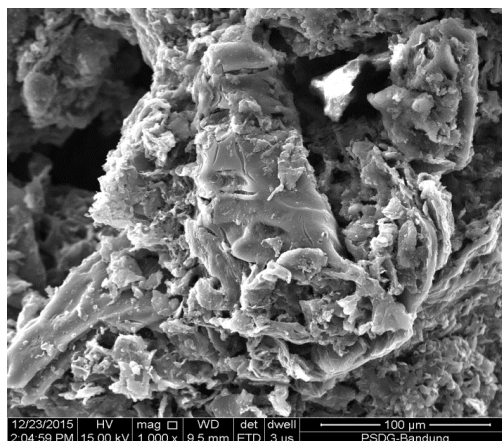
Bahan baku yang digunakan dalam sintesis karbon aktif adalah kulit salak. Aktivator yang digunakan adalah senyawa KOH. Bahan baku kulit salak dibersihkan dengan air hingga bersih kemudian dikeringkan dalam oven. Ukuran kulit salak dikecilkan hingga berukuran mesh 100-200. Pre karbonisasi kulit salak dilakukan dengan *furnace* yang dialiri gas inert pada temperatur 500°C selama 1 jam (Bagheri dan Abedi, 2009) hal ini bertujuan untuk menghilangkan zat-zat volatil pada kulit salak. Kulit salak yang telah diprekarbonisasi kemudian dicampurkan dengan padatan potassium hidroksida dengan perbandingan rasio massa kulit salak: KOH 1:4. Padatan KOH di erlenmeyer dilarutkan dengan air distilasi hingga konsentrasinya 20%. Kulit salak kemudian dicampurkan ke dalam larutan sambil dikocok dengan *shaker* selama 20 jam. Kulit salak yang telah diaktivasi oleh KOH lalu dikeringkan terlebih dahulu dalam oven kemudian dimasukkan ke dalam *furnace* untuk diaktivasi pada suhu 800°C selama 1 jam dengan aliran gas nitrogen. Kulit salak yang telah diaktivasi kemudian dicuci dengan air distilasi dan larutan HCl encer hingga pH air pencucian mencapai 6-7 (Bagheri dan Abedi, 2009). Kulit salak yang telah dicuci kemudian dikeringkan kembali di dalam oven. Setelah tahap aktivasi karbon aktif diselesaikan, dilanjutkan dengan tahap analisa *Brunauer-Emmet-Teller (BET)*, *Scanning Electron Microscope (SEM)* dan *Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)* pada karbon aktif.

Proses adsorpsi ion logam Cr(VI)

Karbon aktif yang digunakan untuk proses adsorpsi disiapkan sebanyak 0,3 g tiap satu kali percobaan. Karbon aktif dimasukkan ke dalam gelas kimia 500 ml yang berisi variasi konsentrasi larutan $K_2Cr_2O_7$. Variasi konsentrasi larutan yang dilakukan terdiri dari 100, 150, 200, 250 dan 300 ppm. Setelah karbon aktif dimasukkan, erlenmeyer diaduk dengan motor pengaduk dengan kecepatan 90 rpm pada temperatur ruang. Larutan sampel diambil dalam rentang waktu tertentu menggunakan pipet kemudian disentrifugasi di alat *sentrifuge* selama 5 menit dengan kecepatan maksimum. Bagian supernatan hasil sentrifugasi diambil lalu dikomplekskan dengan *1,5-diphenylcarbazide* dan %T dianalisa menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 545 nm. Pengukuran dilakukan hingga %T yang diperoleh konstan.

Hasil Dan Pembahasan

Karbon aktif diaktivasi secara kimia dengan senyawa KOH. Karakteristik kulit salak seperti luas permukaan, volume, ukuran diameter pori diperoleh dari analisa BET. Diketahui luas permukaan karbon aktif yang didapat sebesar 2526,5 m²/gr, volume pori sebesar 1,456 cc/gr, diameter pori sebesar 2,305 nm.



Gambar 1. SEM karbon aktif perbesaran 1000x

Dari Gambar 1 dapat dilihat morfologi dari karbon aktif yang memiliki permukaan yang berpori. Pori-pori yang dihasilkan berukuran beragam. Banyaknya pori-pori yang dihasilkan ini menandakan bahwa proses aktivasi yang dilakukan cukup efektif karena mampu membentuk pori.

Proses adsorpsi ion logam Cr(VI) - variasi pH

Proses adsorpsi dilakukan dengan melibatkan 3 variasi pH yang terdiri dari 2, 5 dan 8. Larutan $K_2Cr_2O_7$ dengan konsentrasi 100 ppm diatur pH nya dengan menggunakan larutan H_2SO_4 atau $NaOH$ lalu ditambahkan karbon aktif sebanyak 0,3 g. Pada variasi pH diperoleh %removal seperti yang disajikan Tabel 1.

Tabel 1. Hasil *percentage removal* adsorpsi variasi pH

pH	% Removal
2	34,83
5	14,71
8	11,17

Dari Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa pH optimum untuk melakukan proses adsorpsi ion logam kromium (VI) adalah pada pH 2 dimana %removal yang dihasilkan merupakan yang terbesar.

Hal ini terjadi karena bentuk Cr(VI) yang berbeda-beda dalam larutan tergantung pada pH larutan tersebut. Pada rentang pH 1-6, ion kromium berada dalam bentuk yang berbeda seperti $Cr_2O_7^{2-}$, $HCrO_4^-$, $Cr_3O_{10}^{2-}$, $Cr_4O_{13}^{2-}$ yang mana $HCrO_4^-$ merupakan bentuk yang paling mendominasi. Namun seiring meningkatnya pH larutan maka bentuk yang dominan adalah $Cr_2O_7^{2-}$ dan CrO_4^{2-} . Kondisi yang baik untuk adsorpsi adalah pada pH rendah karena pada pH rendah ion H^+ pada permukaan adsorben meningkat sehingga menghasilkan ikatan elektrostatik yang kuat antara muatan positif pada permukaan adsorben dengan ion dikromat. Sedangkan dengan bertambahnya pH, adsorpsi ion logam Cr (VI) akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena pada pH tinggi, konsentrasi ion OH^- dalam larutan meningkat sehingga permukaan sel perlahan menjadi bermuatan negatif. Hal ini menyebabkan kekuatan untuk mengikat ion-ion Cr menjadi semakin kecil dan mengurangi kemampuan adsorpsi. Pada pH tinggi juga terjadi presipitasi ion Cr menjadi $Cr(OH)_3$ yang mengurangi kelarutan ion Cr pada larutan yang mengakibatkan berkurangnya jumlah ion Cr yang dapat diserap oleh permukaan sel.

Adsorpsi variasi massa adsorben

Proses adsorpsi dilakukan dengan melibatkan 3 variasi massa adsorben yang terdiri dari 0,3, 0,6 dan 0,9 gram karbon aktif. Karbon aktif tersebut lalu ditambahkan ke dalam 500 ml larutan $K_2Cr_2O_7$ dengan konsentrasi 100 ppm dan pH 2. Pada variasi massa adsorben diperoleh %removal seperti yang disajikan Tabel 3.3.

Tabel 2. *Percentage removal* adsorpsi variasi masa adsorben

Massa adsorben (gram)	% Removal
0,3	34,83
0,6	55,16
0,9	69,45

Adsorpsi variasi konsentrasi larutan

Proses adsorpsi dilakukan dengan melibatkan 5 variasi konsentrasi yang terdiri dari 100, 150, 200, 250 dan 300 ppm dan karbon aktif yang berhasil disintesis sebanyak 0,3 mg setiap konsentrasi. Proses adsorpsi dilangsungkan pada pH optimum yaitu pH2. Tujuan dari 5 variasi konsentrasi ini adalah mendapatkan parameter-parameter Adsorpsi Isotermal. Adsorpsi Isotermal yang diuji dalam percobaan ini yaitu Langmuir, Freundlich, Temkin dan Dubinin Radushkevich. Dalam percobaan akan diperoleh jenis adsorpsi isotermal yang paling cocok dengan data yang diperoleh.

Persamaan Langmuir dan linearisasinya:

$$q_e = \frac{q_m K_a C_e}{1 + K_a C_e} \rightarrow \frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m K_a} \times \frac{1}{C_e} + \frac{1}{q_m} \quad (1)$$

Persamaan Freundlich dan linearisasinya:

$$q_e = K_f \cdot C_e^{\frac{1}{n}} \rightarrow \log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2)$$

Persamaan Temkin dan linearisasinya:

$$q_e = \frac{RT}{b} \ln (\alpha \cdot C_e) \rightarrow q_e = \beta \ln \alpha + \beta \ln C_e \quad (3)$$

dengan

$$b = (RT) / b \quad (4)$$

Persamaan Dubinin-Raduskevich dan linearisasinya:

$$q_\varepsilon = q_m \cdot \exp(-K \cdot \varepsilon^2) \rightarrow \ln q_\varepsilon = \ln q_m - K \cdot \varepsilon^2 \quad (5)$$

dengan

$$\varepsilon = RT \ln\left(1 + \frac{1}{c \cdot \varepsilon}\right) \text{ dan } E = \frac{1}{\sqrt{2K}} \quad (6)$$

Adsorpsi Isoterm Langmuir			
q_m (mg logam Cr/g karbon aktif)	k_1 (L/mg logam Cr)	R^2	
123,5	0,015	0,998	
Adsorpsi Isoterm Freundlich			
N	k_f (mg logam Cr/g karbon aktif)	R^2	
3,007	16,03	0,972	
Adsorpsi Isoterm Temkin			
α (L/mg logam Cr)	B	b (J/mol)	R^2
0,158	27,09	67105,04	0,981
Adsorpsi Isotermal Dubinin-Radushkevich			
q_m (mg logam Cr/g karbon aktif)	k_d (mol^2/J^2)	E (J/mol)	R^2
99,21	0,0004	35,36	0,954

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisa BET, luas area permukaan karbon aktif yang diperoleh sebesar 2526,446 m²/g, total volume pori sebesar 1,456 cc/g dan diameter pori rata-rata sebesar 2,305 nm.
2. Pada penelitian ini pH optimum untuk adsorpsi ion logam Cr(VI) adalah pada pH 2 dimana pada pH ini persen removal ion Cr(VI) yang diperoleh sebesar 34,8%.
3. Pada penelitian ini, massa adsorben 0,9 gram memberikan persen removal ion Cr(VI) yang lebih baik dibandingkan dengan massa adsorben 0,3 gram dan 0,6 gram.
4. Semakin tinggi konsentrasi awal larutan kromium yang digunakan maka persen *removal ion* Cr(VI) yang diperoleh akan semakin turun.
5. Berdasarkan hasil adsorpsi logam kromium (Cr(VI)) dengan karbon aktif dari kulit salak, model isotermal adsorpsi terbaik yang dapat mewakili kesetimbangan adsorpsi adalah model isotermal adsorpsi Langmuir.
6. Nilai kapasitas maksimum adsorpsi (q_m) sebesar 123,46 mg logam Cr/g karbon aktif.

Daftar Notasi

C = konsentrasi larutan metilen biru tiap saat (ppm)

C_0 = konsentrasi awal larutan metilen biru (ppm)

C_e = konsentrasi larutan metilen biru saat setimbang (ppm)

q_t = Konsentrasi adsorbat pada permukaan adsorben pada setiap waktu (mg/g)

q_m = kapasitas maksimum adsorben (mg/g)

q_e = kapasitas adsorben saat setimbang (mg/g)

n = konstanta Freundlich

R = tetapan gas universal, dengan $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

T = temperatur (K)

Daftar Pustaka

Abechi S.E, Gimba C.E, Uzairu A and Dallatu Y.A., (2013), Preparation and Characterization of Activated Carbon from Palm Kernel Shell by Chemical Activation, Department of Chemistry, Ahmadu Belo University, Nigeria, pp. 54-60.



- Angela, M., A. Andreas, et al. (2015). "Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak dengan Aktivasi H₃PO₄ sebagai Adsorben Larutan Zat Warna Metilen Biru."
- Atkins, S. (1999). *Inorganic Chemistry*, Oxford University Press.
- Bagheri Narges and Abedi Jalal, (2009), Preparation of High Surface Area Activated Carbon from Corn by Chemical Activation Using Potassium Hydroxide, Department of Chemical and Petroleum Engineering, University of Calgary, Canada, pp.1-6.
- Bansal, Roop Chand and Goyal, Meenakshi, *Activated Carbon Adsorption*, Taylor & Francis Group, Boca Raton, pp. 77-122.
- Bishnoi, N. R., M. Bajaj, et al. (2003). "Adsorption of Cr(VI) on activated rice husk carbon and activated alumina." Cotton, F.A and G.Wilkinson. 1986. *Kimia Dasar Anorganik*. Jakarta : UI-Press.
- Day, R. A. and Underwood, A. L., 1994, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Edisi ke-4, Erlangga, Jakarta.
- Demiral, H., I. Demiral, et al. (2008). "Adsorption of chromium(VI) from aqueous solution by activated carbon derived from olive bagasse and applicability of different adsorption models."
- Diaz-Teran J., Nevskaja D.M., Lopez-Peinando A.J. and Jerez A., (2001), Porosity and Adsorption Properties of an Activated Charcoal, Departamento Quimica Inorganica, Fac. D Ciencias, Universidad Nacional de Education a Distancia, Spain, pp 167-175.
- Fonseca-Correa, R. G., Liliana; Moreno-Piraján, Juan Carlos (2013). "Trivalent chromium removal from aqueous solution with physically and chemically modified corncob waste." *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* **101**: 132-141.
- Freundlich, H.M.F, (1906), Over the adsorption in solution. *Journal of physical chemistry* **57**, page 385-471.
- Garg, U. K., M. P. Kaur, et al. (2006). "Removal of hexavalent chromium from aqueous solution by agricultural waste biomass."
- Ho Y.S. and McKay G., (1998), Pseudo-Second Order model for Sorption Processes, Department of Chemical Engineering, the Hongkong University of Science and Technology, People's Republic of China, pp. 451-465.
- Ince, M. K. E. D. E. S. M. (2005). "Adsorption of heavy metal ions from aqueous solutions by activated carbon prepared from apricot stone." *Bioresource Technology* **96**(13): 1521.
- Janick, Jules and Paull, E. Robert, (2008), *The Encyclopedia of Fruit and Nuts*, CAB International, Cambridge, pp.153-156.
- Langmuir, I., (1916), The constitution and fundamental properties of solids and liquids, *Journal of American Chemical Society* **38**, page 2221-2295.
- Liem, V., A. Putranto, et al. (2015). "Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak Aktivasi Kimia-Senyawa KOH sebagai Adsorben Proses Adosprsi Zat Warna Metilen Biru ".
- Marsh, Harry and Rodriguez-Reinoso, Francisco, (2006) *Activated Carbon*, Elsevier Science & Technology Books, pp. 322-31.
- Mesa-Peres J.M., Cortez L.A.B., Rocha J.D., Brossard-Perez L.E. and Olivares-Gomez E., (2004), Unidimensional Heat Transfer Analysis of Elephant Grass and Sugar Cane Bagasse 53 Slow Pyrolysis in a Fixed Bed Reactor, Distrito de Barao Geraldo-Cidade Universitaria "Zeferino Vaz", Brazil, pp. 565-575.
- Mishra, R. G. S. (2012). "Simultaneous removal of trivalent and hexavalent chromium by activated carbon: Effect of solution pH and pore size distribution of adsorbent." *Environmental Progress & Sustainable Energy* **aop(aop)**.
- Mohan, D. and C. U. P. Jr. (2006). "Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri- and hexavalent chromium from water."
- Nurfitriyani, A., E. Wardhani, et al. (2013). "Penentuan Efisien penyisihan Kromium Heksavalen (Cr⁶⁺) dengan Adsorpsi menggunakan Tempurung Kelapa secara kontinyu."
- Noble, R.D., Terry, P.A, (2004). *Principles of Chemical Separations with Environmental Applications*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Pehlivan, E., E. Pehlivan, et al. (2012). "Hexavalent chromium removal by Osage Orange."
- Redhana, I. W. (1994). *Penentuan isoterm adsorpsi amonia dalam larutan air oleh karbon aktif pada suhu kamar*. Program Pra-S2 Kimia Pasca Sarjana. Bandung, ITB.





Lembar Tanya Jawab
Moderator : Zainus Salimin (BATAN Serpong)
Notulen : Susanti Rina (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Febrian (UPNYK)
Pertanyaan : Apakah CrCVD yang mudah diadsorp dapat dibuang begitu saja?
Jawaban : Perlu stabilisasi dan solidifikasi sebelum dibuang ke secured landfill

2. Penanya : Tifani (Akprind)
Pertanyaan : 1. Aktifator KOH?
2. Perbandingan kulit salak sebelum dan sesudah?
Jawaban : 1. Dari penelitian sebelumnya dengan aktivator KOH didapat luas permukaan besar
2. Yield nya 17 – 19% berat

3. Penanya : Ikhsan (UPNYK)
Pertanyaan : 1. bisa untuk Cr valensi lain?
2. bisa tidak untuk logam lain?
Jawaban : 1. Bisa tergantung pH, tetapi Cr(VI) lebih mudah dipisahkan dengan pengendapan.
2. Kemungkinan bisa, perlu studi lebih lanjut.

4. Penanya : Zaenus S (BATAN Serpong)
Pertanyaan : 1. pH terbaik?
2. Cr⁶⁺ pada suasana asam?, pada suasana basa?
3. Saran bentuk anion dalam bentuk asam dan basa?
Jawaban : 1. pH < Zero charge akan lebih baik, karena karbon aktif cenderung positif muatan permukaan karbon aktif berpengaruh signifikan dalam menurunkan hambatan difusi ion Cr (VI) ke permukaan karbon aktif.
2. Mohon diperhatikan ulang dalam pembahasan.

