

Pengaruh Konsentrasi Aktivator Asam Fosfat (H_3PO_4) pada Pembuatan Karbon Aktif dari Sabut Kelapa terhadap Adsorpsi Logam Kromium

Hamida Ishmatu Sholikhah^{1,a}, Hartika Rahma Putri^{1,a}, Inayati^{1,b,*}

¹ Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta
Jalan Ir. Sutami No. 36, Jebres, Surakarta 57126, Jawa Tengah

E-mail: ahamida_ishmatu@student.uns.ac.id, binayati@staff.uns.ac.id (Corresponding author)

Abstract. Chromium is one of the hazardous heavy metal contained in the industrial wastewater. It can be reduced by various methods, such as adsorption. The purpose of this study was initialized an activated carbon from coconut fiber by various phosphoric acid (H_3PO_4) activator concentration (0,1M; 0,5M; 1M; 1,5M; 2M) and variation of contact time (30; 60; 90; 120; 150; 180 minutes) to obtain optimum adsorption capacity of chromium. Analysis of the activated coconut fiber carbon by SAA obtained a surface area of 53,39 m^2/g . The potassium chromate (K_2CrO_4) solution was adsorbed by the adsorbent and then analyzed by a UV-VIS Spectrophotometer to measure the chromium content. This study proved that chromium adsorption by activated coconut fiber carbon was increased by the time until reaching optimum condition. Enhancement of adsorption capacity was directly proportional as the more concentrated phosphoric acid activator. Maximum adsorption capacity obtained was 3,464 mg/g and the optimum condition was at contact time of 150 minutes with the phosphoric acid activator concentration of 2M.

Keywords: Activated carbon; Coconut Fiber; Adsorption; Chromium; Phosphoric Acid.

EQUILIBRIUM Volume 5 No.1 July 2021

Online at <http://equilibrium.ft.uns.ac.id>

1. Pendahuluan

Logam kromium merupakan bahan yang berbahaya dalam limbah batik. Logam ini memiliki bilangan oksidasi +2, +3, dan +6. Senyawa kromium pada bilangan oksidasi +6 merupakan oksidan yang kuat dan paling beracun dibanding oksidan kromium yang lain. Bahaya terpapar kromium dapat menimbulkan iritasi hidung dan paru, iritasi mata, dan iritasi kulit [1]. Metode adsorpsi (adsorben karbon aktif) merupakan salah satu metode yang paling efektif dan potensial untuk menghilangkan warna, bau, minyak, dan polutan toksik dari proses pengolahan limbah karena kemampuan adsorpsinya yang baik [2]. Penggunaan adsorben dari bahan organik akhir-akhir ini sangat banyak dikembangkan. Kandungan utama suatu adsorben yang berasal dari bahan alam yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Salah satu bahan alam yang banyak mengandung selulosa yaitu sabut kelapa. Sabut merupakan bagian mesokarp (selimut) yang berupa serat-serat kasar kelapa [3]. Sesuai dengan teori yang dikemukakan [4] dalam pembuatan karbon aktif dengan aktivasi kimia, aktivator yang lebih baik digunakan untuk material lignoselulosa, seperti pelepah kelapa sawit, ialah aktivator yang bersifat asam, seperti Asam Fosfat (H_3PO_4), dibandingkan dengan aktivator yang bersifat basa, seperti Kalium Hidroksida (KOH). Hal ini dikarenakan aktivator asam mampu membuka pori karbon yang lebih besar dibandingkan dengan aktivator basa yang hanya mampu membuka pori karbon yang kecil sehingga daya serap dengan menggunakan aktivator asam lebih besar dengan menggunakan aktivator basa [5]. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan adsorpsi karbon aktif dari limbah sabut kelapa untuk penurunan kadar kromium (Cr^{+6}) pada limbah cair dengan aktivator Asam Fosfat (H_3PO_4). Penelitian dilakukan dengan sistem batch menggunakan variasi konsentrasi larutan aktivator.

2. Metode Penelitian

2.1. Bahan Penelitian

- Sabut kelapa sebagai bahan dasar pembuatan arang aktif. Sebelum diproses, sabut kelapa dicuci dengan air hingga bersih dan dikeringkan dengan sinar matahari hingga kering.
- Kalium kromat (K_2CrO_4) sebagai bahan pembuatan larutan limbah *artificial* untuk menguji daya adsorbansi dari adsorben sabut kelapa.
- Asam fosfat (H_3PO_4) sebagai larutan aktivator adsorben sabut kelapa dengan berbagai variasi konsentrasi.

2.2. Alat

- Erlenmeyer
Erlenmeyer digunakan untuk melakukan percobaan secara *batch* dengan cara memasukkan larutan logam kromium ke dalam erlenmeyer yang sudah diisi dengan adsorben teraktivasi.
- Oven
Oven digunakan untuk mengurangi kandungan air pada sabut kelapa sebelum digunakan sebagai arang aktif.
- Ayakan
Ayakan digunakan untuk menyamakan ukuran partikel dari karbon aktif. Ayakan yang digunakan adalah ayakan berukuran 100 mesh.
- Spektrofotometer Sinar Tampak (UV-Vis)
Spektrofotometer digunakan untuk mengukur kandungan logam kromium sebelum dan sesudah diadsorpsi dengan panjang gelombang 360 nm.

2.3. Cara Kerja

- Pembuatan karbon sabut kelapa
Sabut kelapa yang telah dikeringkan di bawah sinar matahari diarang dengan menggunakan *furnace* pada suhu operasi suhu $300^\circ C$ selama 3,5 jam. Arang yang dihasilkan kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 100 *mesh*. Selanjutnya, serbuk arang ditimbang untuk menentukan rendemen karbon yang terbentuk.
- Pembuatan karbon aktif dengan berbagai konsentrasi larutan aktivator
Sebanyak 2 gram karbon serbuk arang dimasukan ke dalam 6 buah erlenmeyer, kemudian ke dalam masing-masing erlenmeyer ditambahkan larutan asam fosfat (H_3PO_4) sebanyak 25 ml dengan variasi konsentrasi

sebesar 0,1 M; 0,5 M; 1 M; 1,5 M; 2 M dan dilakukan perendaman selama 24 jam. Hasil dari perendaman tersebut kemudian disaring dan residunya dicuci dengan akuades hingga pH netral (pH 7). Setelah itu, karbon yang telah dicuci dikeringkan dalam *oven* pada suhu 105°C selama 1 jam, kemudian didinginkan dalam desikator.

c. Pengujian karbon aktif

Karbon aktif diuji dengan *Surface Area Analyzer* (SAA) atau pengujian BET untuk mengetahui besarnya luas permukaan aktif yang terdapat pada karbon aktif tersebut.

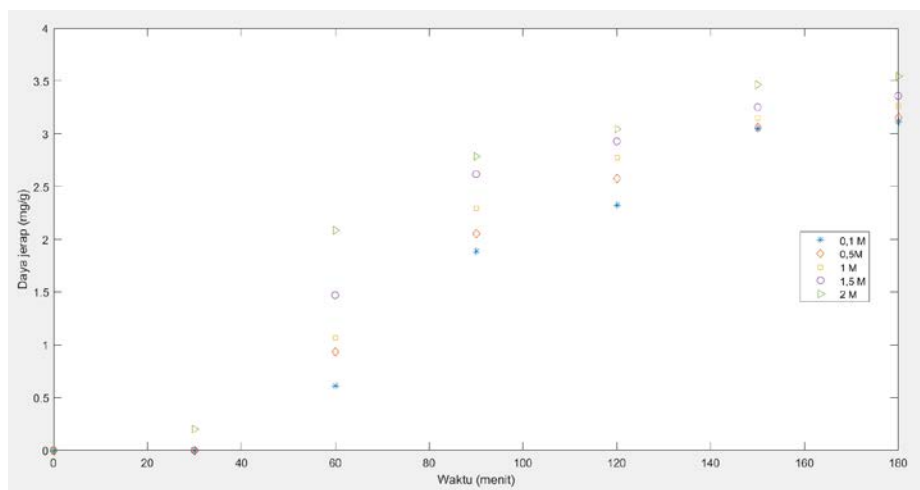
d. Pengujian pengaruh konsentrasi larutan aktivator terhadap daya jerap karbon aktif

Sebanyak 0,5 gram karbon yang telah diaktivasi dengan konsentrasi 0,1 M dimasukkan ke dalam 5 buah erlenmeyer. Larutan kromium sebanyak 25 ml dengan konsentrasi 200 ppm dituangkan dalam erlenmeyer yang berisi karbon aktif, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Masing – masing campuran diaduk dengan waktu yang bervariasi yaitu 0,5 jam; 1 jam; 1,5 jam; dan 2 jam. Hasil larutan tersebut disaring dan filtratnya dianalisis dengan UV-Vis pada panjang gelombang 360 nm. Langkah ini dilakukan kembali dengan menggunakan karbon aktif yang telah diaktivasi dengan konsentrasi aktivator 0,1 M; 0,5 M; 1 M; 1,5 M; 2 M.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Penentuan Kondisi Optimum Adsorben Sabut Kelapa

Gambar 1 menunjukkan pengaruh konsentrasi aktivator terhadap daya jerap adsorben. Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator maka kemampuan adsorben untuk menyerap logam kromium semakin besar. Larutan aktivator yang menghasilkan daya jerap tertinggi adalah pada konsentrasi 2 M.



Gambar 1. Daya Jerap vs Waktu Kontak pada berbagai Konsentrasi Aktivator

Pada saat pengaktifan adsorben, pori-pori adsorben akan terbuka karena hilangnya hidrokarbon pada permukaan adsorben, sehingga daya jerap nya lebih besar dari karbon biasa [6]. Berdasarkan hasil penelitian, pada konsentrasi aktivator 2 M, daya jerap pada masing-masing waktu kontak memiliki nilai yang paling tinggi dibandingkan dengan adsorben dengan konsentrasi aktivator lainnya. Proses aktivasi menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) bertujuan untuk memperbesar pori sehingga luas permukaannya bertambah besar seiring dengan meningkatnya konsentrasi asam fosfat (H_3PO_4) yang digunakan [7]. Dari hasil uji *Surface Area Analyzer* (SAA), karbon aktif sabut kelapa ini memiliki luas permukaan sebesar 53,39 m^2 /gram, total volume pori sebesar 0,04011 cc/gram, dan diameter pori rata-rata sebesar 2,85 nm.

Jumlah logam kromium yang dijerap (adsorbat) oleh adsorben berbanding lurus dengan meningkatnya waktu kontak. Semakin lama waktu kontak antara larutan sampel dengan adsorben, semakin banyak adsorbat yang terjerap. Pada kisaran waktu 30 - 180 menit jumlah adsorbat yang terjerap oleh adsorben semakin banyak, berlaku untuk semua jenis adsorben. Namun, ketika waktu kontak menunjukkan lebih dari 180 menit, kemampuan daya jerap adsorben mulai menurun dan kurva mulai landai. Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh waktu kontak optimal dari adsorben dengan larutan sampel berada pada waktu kontak 150 menit karena pada waktu kontak sekitar 150 menit, adsorben mengalami kejenuhan akibat pori-pori dari adsorben sudah tertutup kromium. Kemampuan adsorben dalam menyerap kromium kemudian menurun dan grafik mulai landai setelah mencapai titik jenuhnya.

Dari data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa dalam penelitian ini kondisi optimum proses adsorpsi kromium dengan adsorben sabut kelapa diperoleh pada saat adsorben diaktivasi dengan aktivator asam Fosfat (H_3PO_4) 2 M selama 24 jam dan waktu kontak antara larutan sampel dengan adsorben selama 150 menit dengan nilai daya jerap optimum yang diperoleh sebesar 3,464 mg/g.

3.2. Penentuan Jenis Isoterm Adsorpsi

Pada penelitian ini digunakan dua jenis penentuan proses adsorpsi yang berlangsung yaitu isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Menurut isoterm Langmuir, pada permukaan adsorben terdapat situs-situs aktif bersifat homogen yang proporsional dengan luas permukaan. Masing-masing situs aktif hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat saja sehingga adsorpsi hanya akan terbatas pada pembentukan lapisan tunggal (monolayer), sedangkan isoterm Freundlich merupakan proses adsorpsi yang terjadi secara fisisorpsi banyak lapisan [8].

Jenis isotherm adsorpsi dilakukan dengan mencari hubungan antara jumlah kromium yang terjerap per satuan berat adsorben dengan konsentrasi kromium di dalam larutan. Isoterm yang diuji dalam penelitian ini adalah isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir, yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\text{Isoterm Freundlich : } x/m = Ce^{1/n} \cdot K \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Isoterm Langmuir : } x/m = (1 + a.Ce) \dots\dots\dots (2)$$

Dimana nilai n,K, dan a adalah konstanta yang nilainya dicari menggunakan pada Tabel. Penentuan jenis isoterm yang sesuai dilihat dari nilai koefisien determinannya (R^2).

Tabel 1. Daya Jerap Adsorben sebagai Fungsi konsentrasi Larutan Kromium

Konsentrasi Aktivator	Konsentrasi Akhir Larutan, Ce (ppm)	Daya Jerap [x/m] (mg/g)
0,1 M	77,885	0
	77,885	0
	65,639	0,612
	40,175	1,885
	31,467	2,321
	16,850	3,052
	15,606	3,114
0,5 M	77,885	0
	77,885	0
	59,224	0,933
	36,793	2,055
	26,413	2,574
	16,694	3,060
1 M	14,867	3,151
	77,885	0
	77,885	0
	56,542	1,067
1,5 M	32,011	2,294
	22,409	2,774
1,5 M	77,885	0

	77,885	0
	48,495	1,470
	25,558	2,616
	19,299	2,929
	12,807	3,254
	10,707	3,359
2 M	77,885	0
	73,842	0,202
	36,171	2,086
	22,214	2,784
	17,005	3,044
	8,608	3,464
	6,975	3,545

Tabel 2. Persamaan Isoterm Freundlich

Konsentrasi Aktivator	Persamaan Freundlich	R ²
0,1 M	Log (x/m) = -0,8236 x log Ce + 1,6993	0,8330
0,5 M	Log (x/m) = -1,0697 x log Ce + 1,7898	0,8813
1 M	Log (x/m) = -1,2389 x log Ce + 1,8331	0,8853
1,5 M	Log (x/m) = -1,6867 x log Ce + 2,0083	0,9031
2 M	Log (x/m) = -3,088 x log Ce + 2,5888	0,9060

Tabel 3. Persamaan Isoterm Langmuir

Konsentrasi Aktivator	Persamaan Langmuir	R ²
0,1 M	$\frac{Ce}{\left(\frac{x}{m}\right)} = 1,9726.Ce - 36.445$	0,8674
0,5 M	$\frac{Ce}{\left(\frac{x}{m}\right)} = 1,3029.Ce - 19,764$	0,9179
1 M	$\frac{Ce}{\left(\frac{x}{m}\right)} = 1,1235.Ce - 14,387$	0,9399
1,5 M	$\frac{Ce}{\left(\frac{x}{m}\right)} = 0,8021.Ce - 7,4511$	0,9664
2 M	$\frac{Ce}{\left(\frac{x}{m}\right)} = 0,5216.Ce - 2,4171$	0,9763

Berdasarkan data pada Tabel 3 dan Tabel 4, terlihat bahwa proses adsorpsi logam kromium menggunakan adsorben sabut kelapa dengan aktivator asam fosfat (H₃PO₄) cenderung mengikuti isoterm Langmuir. Hal ini dikarenakan harga koefisien determinan (R²) lebih tinggi, dimana untuk isoterm Langmuir R² = 0,9763 sedangkan untuk isoterm Freundlich R² = 0,9060.

Tabel 4. Nilai Konstanta Isoterm Langmuir dan Konstanta Freundlich

Isoterm	Konstanta	Nilai
Langmuir	A	1,9172
	B	0,2158
Freundlich	k	387,97
	n	0,3324

4. Kesimpulan

Kondisi optimum proses adsorpsi logam kromium (Cr^{+6}) dari larutannya dengan adsorben sabut kelapa terjadi saat adsorben diaktivasi dengan aktivator larutan Asam Fosfat (H_3PO_4) 2 M selama 24 jam dan waktu kontak antara adsorben dan larutan sampel selama 150 menit. Nilai daya jerap optimum yang diperoleh sebesar 3,464 mg/g. Proses adsorpsi logam kromium menggunakan adsorben sabut kelapa merupakan proses adsorpsi secara fisika yang mengikuti persamaan isoterm Langmuir dengan nilai $R^2 = 0,9763$.

Referensi

- [1] K. Zarkasi, A. Dewi Moelyaningrum, P. Trirahayu Ningrum, "Penggunaan Arang Aktif Kulit Durian (*Durio Zibethinus Murr*) terhadap Tingkat Adsorpsi Kromium (Cr^{6+}) pada Limbah Batik," 5 67–73 (2018).
- [2] D. Herawati, S.D. Santoso, I. Amalina, "Kondisi Optimum Adsorpsi-Fluidisasi Zat Warna Limbah Tekstil Menggunakan Adsorben Jantung Pisang," *J. Sain Heal.* 2 1–7 (2018).
- [3] K. Kardiman, L.I. La Ifa, R. Rasyid, "Pembuatan Adsorben dari Sabut Kelapa sebagai Penyerap Logam Berat Pb(II)," *ILTEK J. Teknol.* 14 2083–2087 (2020). <https://doi.org/10.47398/iltek.v14i2.421>.
- [4] L.Y. Hsu, H. Teng, "Influence of Different Chemical Reagents on the Preparation of Activated Carbons from Bituminous Coal," *Fuel Process. Technol.* 64 155–166 (2000). [https://doi.org/10.1016/S0378-3820\(00\)00071-0](https://doi.org/10.1016/S0378-3820(00)00071-0).
- [5] H.S.J.K.A.D. Wuntu, "Pengaktif Pada Arang Aktif Limbah Gergajian Kayu Meranti," 1 43–46 (2008).
- [6] Erika Mulyana Gultom, M. Turmuzi Lubis, "Aplikasi Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivator H_3PO_4 untuk Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb," *J. Tek. Kim. USU.* 3 5–10 (2014). <https://doi.org/10.32734/jtk.v3i1.1493>.
- [7] Darmayanti Darmayanti, Nurdin Rahman, Supriadi Supriadi, "Adsorpsi Timbal (Pb) dan Zink (Zn) dari Larutannya Menggunakan Arang Hayati (Biocharcoal) Kulit Pisang Kepok Berdasarkan Variasi pH," *J. Akad. Kim.* 1 159–165 (2012).
- [8] A. Amri, Supranto, M. Fahrurozi, "Keseimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd (II) dan Cr (III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-merkaptobenzotiazol," *J. Natur Indonesia.* 6 111–117 (2004).