

PENENTUAN KAPASITAS ADSORPSI KARBON AKTIF SEBAGAI ADSORBEN LOGAM TEMBAGA DALAM LIMBAH LABORATORIUM

DETERMINATION OF CAPACITY ADSORPTION OF ACTIVATED CARBON AS ADSORBENT OF COPPER METALS IN LABORATORY WASTE

Anggi Putra Dharmawan dan Nuniek Herdyastuti*

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences
State University of Surabaya

Jl. Ketintang, Surabaya (60231), Telp. 031-8298761

*Corresponding author, email : nuniekherdyastuti@unesa.ac.id

Abstrak. Kadar logam tembaga yang terbuang dari hasil kegiatan di laboratorium dengan kadar yang tinggi dapat mencemari lingkungan, oleh sebab itu perlu dilakukan upaya untuk menurunkan kadar logam tembaga, salah satunya melalui adsorpsi menggunakan karbon aktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi dan identifikasi gugus fungsi karbon aktif sebelum dan sesudah diinteraksikan dengan limbah. Hasil yang diperoleh menunjukkan efisiensi adsorpsi (%) logam tembaga dalam limbah dengan konsentrasi limbah 100 ppm sebesar 99,75%. Kapasitas adsorpsi logam tembaga dalam limbah laboratorium menggunakan karbon aktif mengikuti pola isoterm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi (b) sebesar 0,0000426 mol/g dan nilai regresi (R^2) sebesar 0,986. Hasil identifikasi gugus fungsi menunjukkan adanya gugus fungsi C-O, C=C aromatik, dan PO_4^{2-} . Perbedaan gugus fungsional antara karbon aktif sebelum dan sesudah interaksi dimana terjadi pergeseran bilangan gelombang dan perubahan intensitas pada gugus fungsi C-O dan PO_4^{2-} .

Kata kunci: Adsorpsi, Karbon Aktif, Tembaga, Limbah Laboratorium

Abstract. High copper metal content wasted from laboratory can pollute the environment, therefore it is necessary to make efforts to reduce copper metal, one of which is through adsorption using activated carbon. This research intend to determine adsorption capacity and identification of activated carbon functional groups before and after interaction with waste. The results of this research showed the adsorption (%) efficiency of copper metal in optimum laboratory wastes on 100 ppm concentration with adsorption efficiency of 99,75%. Copper metal adsorption capacity in laboratory wastes using activated carbon follows the Langmuir isotherm with adsorption capacity (b) of 0,0000426 mol/g and the regression value (R^2) is 0,986. Characterization of functional group identification shows the presence of functional grup C-O, C=C aromatic, and PO_4^{2-} . There are differences in functional groups between activated carbon before and after interactions where there is a shift in wave number and change in intensity in the functional groups C-O and PO_4^{2-} .

Keywords: Adsorption, Activated Carbon, Copper Metal, Laboratory Waste

PENDAHULUAN

Laboratorium merupakan tempat dilakukan suatu riset ilmiah, penelitian atau kegiatan pengujian lain yang berhubungan dengan ilmu sains. Sebagai akibat dari aktivitas laboratorium yang menggunakan bahan-bahan kimia dapat menghasilkan limbah. Salah satu limbah yang terbuang di lingkungan dari laboratorium adalah limbah logam berat. Logam berat yang termasuk bahan beracun dan berbahaya adalah tembaga (Cu). Tembaga

banyak dimanfaatkan dalam industri maupun laboratorium, terutama dalam industri elektroplating, tekstil dan industri logam (*alloy*). Tembaga (Cu) memiliki sifat toksisitas bila telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah yang besar atau melebihi nilai toleransi organisme terkait [1]. Batas konsentrasi tembaga dalam perairan adalah maksimal sebesar 2,5 ppm sedangkan pada tanaman, batas konsentrasi tembaga maksimal 0,1 ppm, dan pada air minum tidak boleh melebihi dari 1 ppm [2]. Kebutuhan akan Cu adalah 0,005 mg/hari/kg berat badan.

Manusia dewasa membutuhkan Cu sebesar 30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan, anak-anak membutuhkan Cu 40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan sedangkan bayi membutuhkan Cu 80 $\mu\text{g}/\text{kg}$ [3]. Efek toksisitas dari tembaga jika melebihi ambang batas di dalam tubuh dapat menyebabkan muntah – muntah, rasa terbakar di daerah eksofagus dan lambung, kolik, diare, yang kemudian disusul dengan hipotensi, nekrosis hati dan koma [4]. Oleh karena itu, proses penanganan limbah menjadi bagian yang sangat penting dalam laboratorium.

Berdasarkan sifat toksisitas logam tembaga (Cu) yang dipaparkan di atas maka diperlukan tindakan agar tidak mencemari lingkungan sekitar. Banyak teknik penanggulangan untuk mengatasi pencemaran logam berat, salah satu cara dengan adsorpsi. Pada adsorpsi terjadi proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul atau suatu akibat dari medan gaya pada permukaan padatan (adsorben) yang menarik molekul-molekul gas, uap atau cairan [5].

Salah satu jenis adsorben adalah karbon aktif. Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya melalui proses aktivasi. Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang relatif murah dan mudah didapatkan yang paling sering digunakan sebagai adsorben pada proses adsorpsi. Hal ini disebabkan karena karbon aktif mempunyai daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik dibandingkan adsorben lainnya [6].

METODE PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan adalah peralatan gelas, corong *buchner*, corong kaca, *magnetic stirrer*, shaker, pipet, kertas saring, neraca analitik, oven, ayakan 100 mesh, kaca arloji, spatula, instrumen FT-IR *Fourier Transform Infrared* (8201PC Shimadzu), dan AAS *Atomic Absorption Spectroscopy* (Perkin-Elmer 5100 PC).

Bahan

Karbon aktif yang didapatkan secara komersial, HNO_3 , limbah laboratorium kimia, aquademin, aquades.

PROSEDUR PENELITIAN

Preparasi Karbon Aktif

Karbon aktif diperoleh secara komersial sebanyak 50 gram dilakukan pengaktifan secara fisika dengan cara dioven selama 24 jam pada suhu 110 °C. Kemudian ditumbuk menggunakan mortar dan alu, lalu diayak menggunakan ayakan ukuran 100 mesh agar ukurannya seragam. Selanjutnya karbon aktif digunakan untuk proses adsorpsi logam limbah laboratorium kimia [7].

Preparasi Limbah Laboratorium

Limbah laboratorium kimia diambil sebanyak 100 mL limbah yang sebelumnya dikocok terlebih dahulu dalam wadah penampung. Limbah ditambahkan sebanyak 5 mL HNO_3 pekat dan dipanaskan pada suhu 40 °C selama 1 jam. Limbah yang sudah dingin dalam suhu ruang disaring menggunakan kertas saring [7].

Penentuan Konsentrasi Optimum dan Kapasitas Adsorpsi Logam Tembaga dalam Limbah Laboratorium dengan Karbon Aktif

Ditimbang massa karbon aktif optimum yang diperoleh. Karbon aktif dimasukkan ke dalam gelas kimia yang berisi 25 mL limbah laboratorium dengan variasi konsentrasi 10 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 150 mg/L, 200 mg/L. Selanjutnya diaduk selama waktu interaksi optimum menggunakan shaker dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Hasil interaksi karbon aktif dan larutan disaring sehingga diperoleh filtrat yang kemudian dianalisis menggunakan SSA.

Identifikasi Gugus Fungsi Karbon Aktif Sebelum dan Sesudah Diinteraksikan dengan Limbah

Karbon aktif yang sudah diinteraksikan dengan limbah laboratorium selanjutnya disaring untuk dipisahkan filtrat dan residunya. Residu dianalisis dianalisis gugus fungsinya menggunakan FT-IR. Analisis yang sama dilakukan terhadap karbon aktif sebelum diinteraksikan dengan limbah laboratorium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Karbon Aktif dan Limbah

Karbon aktif dipanaskan terlebih dulu pada oven suhu 100 °C selama 24 jam agar porinya

lebih terbuka. Selanjutnya ditumbuk dan diayak dengan ayakan ukuran 100 mesh agar ukurannya sama.



Gambar 1. Karbon Aktif ukuran 100 mesh yang telah dipanaskan pada suhu 100 °C

Limbah yang diperoleh dari laboratorium dikumpulkan dan dicampur dalam wadah besar. Kemudian dipadatkan dengan cara dipanaskan dan ditambah dengan HNO_3 untuk melarutkan endapan logam.

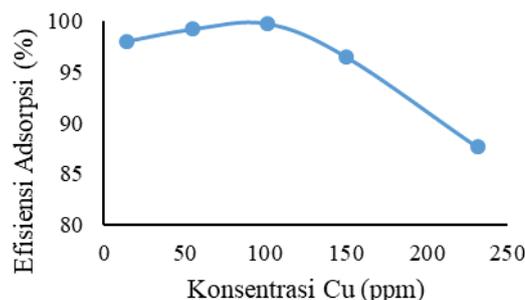
Penentuan Konsentrasi Optimum dan Kapasitas Adsorpsi Logam Tembaga dalam Limbah Laboratorium dengan Karbon Aktif

Data hasil penentuan konsentrasi optimum dan kapasitas adsorpsi logam tembaga dalam limbah laboratorium ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Adsorpsi Logam Tembaga dalam Limbah Laboratorium oleh Karbon Aktif pada Berbagai Konsentrasi Limbah

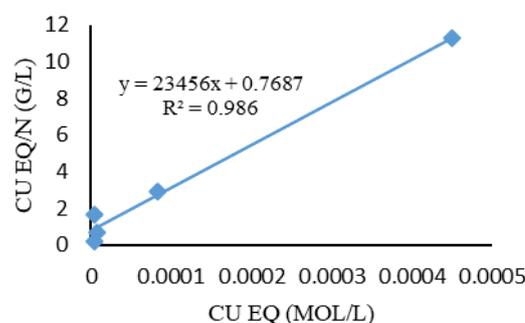
No.	[Cu] (ppm)	Cu(II) Awal (mg/L)	Cu(II) Teradsorp (mg/L)	Efisiensi Adsorpsi (%)
1.	10	13,90	13,6186	98,01
2.	50	54,59	54,1465	96,19
3.	100	101,05	100,8033	99,75
4.	150	150,01	144,7443	96,49
5.	200	231,05	202,4783	87,63

Efisiensi adsorpsi terbesar diperoleh pada konsentrasi limbah 100 ppm yaitu sebesar 99,75%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Dewi dkk (2015) [8], pemanfaatan arang aktif kulit pisang raja untuk menurunkan kadar ion Pb(II) konsentrasi optimum pada adsorpsi Pb(II) dalam larutan oleh arang aktif terjadi pada 100 ppm.

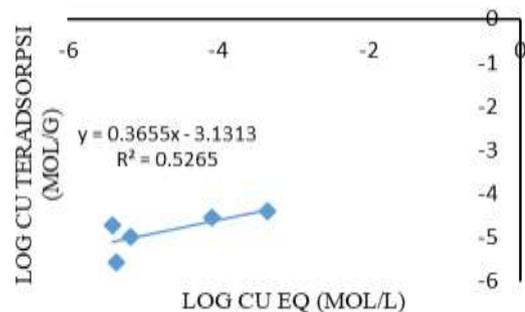


Gambar 2. Adsorpsi Logam Tembaga dalam Limbah Laboratorium oleh Karbon Aktif pada Berbagai Variasi Konsentrasi Limbah

Berdasarkan kurva pada Gambar 2, seiring dengan bertambahnya konsentrasi logam tembaga dalam limbah laboratorium menunjukkan kurva mengalami kenaikan dan tampak mendekati konstan pada konsentrasi 100 ppm dan mengalami penurunan dimana pada konsentrasi 150 dan 200 ppm. Konsentrasi logam yang semakin tinggi semakin mengalami penurunan karena disebabkan oleh adsorben yang berupa karbon aktif telah mencapai titik jenuh. Sisi permukaan karbon aktif sudah terikat oleh atom tembaga yang teradsorpsi pada konsentrasi yang tinggi sehingga setelah semua sisi terikat oleh tembaga maka proses adsorpsi tercapai kesetimbangan [9].



Gambar 3. Kurva Linieritas Isoterm Langmuir



Gambar 4. Kurva Linieritas Isoterm Freundlich

Tabel 2. Hasil Kapasitas Adsorpsi Logam Tembaga dalam Limbah Laboratorium menggunakan Karbon Aktif

Cu awal (mg/L)	Cu eq (mg/L)	Cu eq 10^{-3} (mol/L)	Cu ter adsorpsi (mg/L)	Cu ter adsorpsi (mg/g)	Cu ter adsorpsi 10^{-3} (mol/L)	Cu ter adsorpsi 10^{-3} (mol/g)	Cu eq/n (g/L)
13,90	0,28	0,0044	13,62	0,17	0,21	0,0027	1,65
54,59	0,44	0,0069	54,15	0,68	0,85	0,0107	0,65
101,05	0,25	0,0040	100,80	1,26	1,59	0,0198	0,20
150,01	5,26	0,0828	144,74	1,81	2,28	0,0285	2,91
231,05	28,57	0,4500	202,48	2,53	3,19	0,0398	11,29

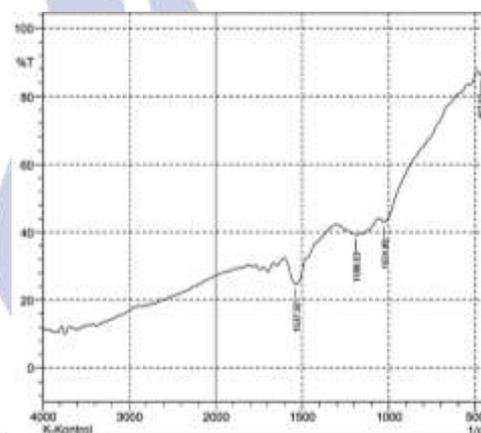
Penentuan pola adsorpsi karbon aktif dengan logam tembaga dalam limbah laboratorium dapat dilakukan dengan menggunakan dua isotherm adsorpsi yaitu Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich. Kurva linieritas isotherm adsorpsi karbon aktif terhadap logam tembaga dapat dibuat melalui hasil data pada Tabel 2 dan disajikan pada Gambar 3 dan 4.

Hasil terlihat bahwa nilai R^2 pada isotherm Langmuir lebih besar yaitu 0,986. Hal ini dapat memperkuat bahwa pola adsorpsi karbon aktif dengan logam tembaga mengikuti pola isotherm Langmuir dimana hanya melibatkan lapisan monolayer, sehingga ketika penambahan konsentrasi tertentu karbon aktif akan jenuh oleh logam tembaga dan adsorpsi cenderung konstan [10]. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Apepsiana dkk (2016)[11], adsorpsi ion logam tembaga menggunakan karbon aktif dari bahan baku kulit salak mengikuti pola isotherm Langmuir yang menghasilkan kapasitas adsorpsi 687,6605 mg logam Cu^{2+} /g karbon aktif dan konstanta Langmuir sebesar 0,0473 L/mg.

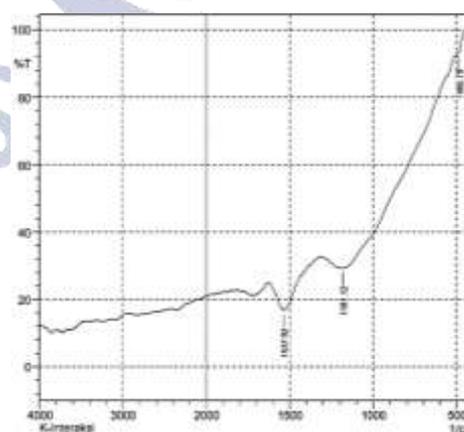
Energi adsorpsi dan kapasitas adsorpsi karbon aktif dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan isotherm adsorpsi Langmuir $y = 23456x + 0,7687$. Diperoleh kapasitas adsorpsi dari persamaan Langmuir sebesar 0,0000426 mol/g dan energi adsorpsi sebesar 26,02 kJ/mol. Energi adsorpsi dapat digunakan untuk menentukan jenis adsorpsi. Energi adsorpsi fisika berada pada sekitar < 20 kJ/mol dan melibatkan ikatan hidrogen atau ikatan Van der Waals, sedangkan energi adsorpsi kimia berada pada sekitar > 20 kJ/mol dan melibatkan ikatan elektrostatis dan ikatan kovalen koordinasi [12]. Energi yang diperoleh menandakan bahwa proses adsorpsi karbon aktif dengan logam tembaga dalam limbah

laboratorium merupakan adsorpsi kimia dimana melibatkan lapisan monolayer.

Identifikasi Gugus Fungsi Karbon Aktif Sebelum dan Sesudah Diinteraksikan dengan Limbah Laboratorium



Gambar 5. Spektra FTIR Karbon Aktif Sebelum Interaksi dengan Limbah



Gambar 6. Spektra FTIR Karbon Aktif Sesudah Interaksi dengan Limbah

Identifikasi gugus fungsional karbon aktif sebelum dan sesudah diinteraksikan dengan logam tembaga dalam limbah laboratorium

kimia dapat dilakukan dengan menganalisis hasil spektra inframerah pada Gambar 5 dan 6. Spektra FT-IR pada Gambar 5 menunjukkan karbon aktif awal sebelum diinteraksikan dengan logam tembaga dalam limbah laboratorium, diantaranya pita yang agak kuat pada bilangan gelombang $1537,92\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus fungsi C=C aromatik, vibrasi regang C-O pada bilangan gelombang $1188,83\text{ cm}^{-1}$ dan $1024,89\text{ cm}^{-1}$, serta vibrasi gugus fosfat PO_4^{2-} pada $467,5\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan tipikal dari gugus fungsi awal karbon aktif komersial. Berdasarkan pada Gambar 6 menunjukkan serapan pada karbon aktif sesudah diinteraksikan dengan logam tembaga dalam limbah laboratorium, beberapa diantaranya pita yang agak kuat pada bilangan gelombang $1537,92\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus fungsi C=C aromatik, vibrasi C-O pada $1181,12\text{ cm}^{-1}$, serta vibrasi gugus fosfat PO_4^{2-} pada $486,79\text{ cm}^{-1}$.

Perbandingan kedua hasil spektra tersebut menunjukkan adanya pergeseran gelombang dan perubahan intensitas terutama pada gugus fungsi karbonil C-O dan PO_4^{2-} . Hal ini menandakan terjadinya interaksi kimia antara gugus fungsi pada karbon aktif dengan logam tembaga dalam limbah laboratorium.

KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa karbon aktif sebesar 2 gram mampu mengadsorpsi kandungan tembaga dalam limbah laboratorium hingga efisiensi adsorpsi sebesar 99%. Model isoterm adsorpsi karbon aktif dalam menyerap limbah mengikuti pola adsorpsi isoterm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi sebesar $0,0000426\text{ mg/g}$ dan nilai regresi (R^2) sebesar 0,986. Berdasarkan hasil analisis karbon aktif dengan menggunakan spektrofotometer inframerah (FT-IR) menunjukkan perbedaan gugus fungsional antara karbon aktif sebelum dan sesudah interaksi dimana terjadi pergeseran bilangan gelombang gugus fungsi C-O dan PO_4^{2-} .

DAFTAR PUSTAKA

1. Palar. (1994). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
2. Sutrisno, T. (1996). *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Rineka Cipta.

3. Gabriel, J. (2001). *Fisika Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Hipokrates.
4. Supriharyono. (2000). *Pelestarian dan Pengelolaan Sumberdaya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
5. Oscik, J. (1982). *Adsorption*. New York: John Willey & Sons, Inc.
6. Walas, S. (1990). *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
7. Gunawan, A. (2018). *Pemanfaatan Adsorben Zeolit, Karbon Aktif dan Silika untuk Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia Di SMK SMTI Bandar Lampung*. Universitas Lampung, Magister Ilmu Lingkungan. Lampung: Universitas Lampung.
8. Dewi, M. S., Susatyo, E. B., & Susilaningsih, E. (2015). Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Pisang Raja untuk Menurunkan Kadar Ion Pb(II). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4(3).
9. Roto, Indah, D. R., & Kuncaka, A. (2015). Hydrotalsit Zn-Al-EDTA sebagai Adsorben untuk Polutan Ion Pb(II) Di Lingkungan. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 22(2).
10. Danarto, Y. (2010). Pirolisis Limbah Serbuk Kayu dengan Katalisator Zeolit. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*.
11. Apecsiana, F., Kristianto, H., & Andreas, A. (2016). Adsorpsi Ion Logam Tembaga Menggunakan Karbon Aktif dari Bahan Baku Kulit Salak. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*. Yogyakarta.
12. Atkins, P. W. (1999). *Kimia Fisika Jilid II*. Jakarta: Erlangga.