

PENGGUNAAN KARBON AKTIF GRANULAR SEBAGAI ADSORBEN LOGAM Cu(II) DI AIR LAUT KENJERAN

GRANULAR ACTIVATED CARBON USED AS ADSORBENT FOR REMOVAL COPPER METAL IN KENJERAN SEAWATER

Siti Nurul Islamiyah dan Toeti Koestiari*

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

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

* Corresponding author, email: islamiyahnuru1503@gmail.com

Abstrak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui massa dan waktu kontak optimum, model isotherm adsorpsi serta efisiensi adsorpsi karbon aktif granular sebagai adsorben logam Cu(II) di Air Laut Kenjeran. Metode yang digunakan adalah post test only control group design. Analisis kuantitatif terhadap konsentrasi Cu, diperoleh menggunakan alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) tipe AAnalyst 100. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kondisi optimum massa sebesar 1 gram dan waktu kontak 60 menit digunakan untuk mengetahui kadar logam Cu(II) di air laut Kenjeran. Menggunakan model isotherm Langmuir diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 0,177 mg/g, konstanta Langmuir sebesar 171,2 mg/L⁻¹ dengan efisiensi adsorpsi sekitar 63-85%.

Kata kunci: adsorpsi, karbon aktif granular, logam Cu

Abstract. The aims of this research were to know the optimum of mass, contact time, adsorption isotherm models and efficiency of granular activated carbon used as adsorbent for removal copper metal in Kenjeran seawater. The post test only control group design was used as the research method. Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) type AAnalyst 100 was used to quantitative analysis of copper concentration. The results showed optimum condition of mass was 1 gram with contact time in the 60th minute used to adsorb Cu (II) in the Kenjeran seawater. Respectively using Langmuir isotherm models the adsorption capacity was 0.177 mg/g, Langmuir equilibrium constant was 171,2 mg/L⁻¹ with adsorption efficiency 63-85%.

Keywords: Adsorption, granular activated carbon, copper

PENDAHULUAN

Laut sebagai tempat hilirnya aliran air memiliki pengaruh penting sebagai penyebab timbulnya berbagai penyakit pada organisme maupun manusia khususnya penduduk di wilayah sekitarnya. Salah satu penyebabnya yaitu adanya cemaran dari logam berat yang bersifat toksik dan tidak dapat terdegradasi secara biologis. Pasang surut air laut akan membantu mengalirkan senyawa-senyawa terlarut termasuk logam berat yang ada diperairan menuju laut. Rendahnya senyawa terlarut dalam perairan akan membuat proses degradasi menurun [1].

Logam-logam yang mencemari perairan laut banyak jenisnya, diantaranya tembaga (Cu). Pencemaran logam berat tembaga (Cu) dapat berasal dari limbah bahan bakar kapal dan logam

Cu yang digunakan untuk melapisi galangan kapal yang apabila mengalami korosi akan terlarut ke perairan [1].

Tembaga (Cu) adalah salah satu unsur mineral mikro(essensial) yang sangat berperan dalam proses metabolisme tubuh. Kekurangan tembaga dapat menyebabkan tidakberfungsinya sistem enzim, sehingga sistem metabolisme dan fisiologi tubuh tidak bekerja secara normal dan menyebabkan gangguan dalam pembentukan darah. Sebaliknya, bila kelebihan akan mengakibatkan kerusakan jaringan tubuh [2].

Logam Cu merupakan salah satu logam berat yang bersifat toksik terhadap organisme air dan manusia pada batas konsentrasi tertentu. Menurut Dirjen POM No. 03725/VII/89 tentang ambang batas cemaran Cu pada biota laut khususnya ikan yaitu 2,0 mg/kg [3].

Berbagai metode telah dikembangkan sebagai upaya untuk mengurangi kadar logam berat yang melampaui ambang batas, salah satunya adalah dengan metode adsorpsi. Adsorpsi merupakan terserapnya suatu zat baik molekul atau ion (adsorbat) pada permukaan adsorben [4]. Adsorpsi memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan metode lain, diantaranya memerlukan biaya relatif murah, prosesnya sederhana, efektifitas dan efisiensi tinggi serta adsorbennya dapat digunakan kembali (regenerasi) [5].

Adsorben yang dapat digunakan dalam proses adsorpsi antara lain karbon aktif, bentonit, zeolit dan silika. Karbon aktif atau yang biasanya juga disebut dengan arang aktif adalah suatu bentuk arang yang mempunyai daya serap tertentu terhadap warna, bau-bauan atau zat-zat lain. Arang sendiri didefinisikan sebagai suatu bahan padat yang berpori dan merupakan hasil pembakaran dari bahan yang mengandung unsur karbon.

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain konsentrasi, massa adsorben, luas permukaan, suhu, ukuran partikel dan waktu kontak [6]. Pada penelitian ini digunakan variasi massa adsorben dan waktu kontak karena perbedaan tersebut berimplikasi pada perbedaan luas permukaan aktif karbon aktif.

Penentuan kapasitas adsorpsi dalam penelitian ini mengikuti model isoterm Langmuir. Konstanta kesetimbangannya dapat diketahui menggunakan persamaan :

$$\frac{C}{Q} = \frac{1}{bK} + \frac{C}{b} \quad (1)$$

Keterangan :

- Q : jumlah adsorbat yang teradsorpsi per berat adsorben (mg/g)
 C : konsentrasi adsorbat dalam larutan pada saat kesetimbangan (mg/L)
 K : konstanta Langmuir
 b : maksimum adsorbat yang diserap/kapasitas adsorpsi

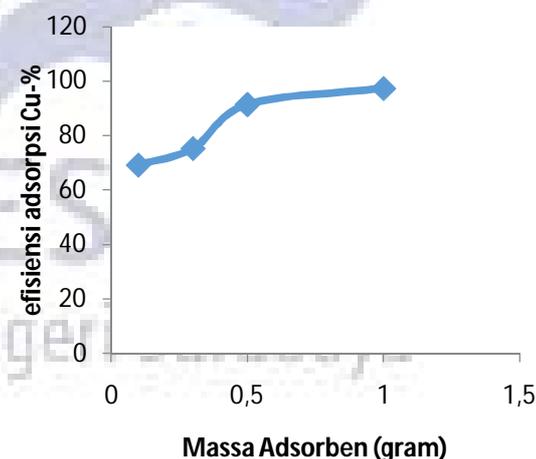
Oleh karena tembaga berperan penting dalam proses kehidupan, maka perlu dilakukan upaya untuk mengurangi kadar logam berat Cu(II) karena dapat bersifat toksik jika melampaui ambang batas. Dengan demikian penelitian dilakukan untuk mengetahui efisiensi adsorpsi karbon aktif granular dalam menyerap logam berat Cu(II) di air laut Kenjeran.

METODE PENELITIAN

Bahan baku yang digunakan adalah karbon aktif granular yang berasal dari PT Brataco. Ukuran butiran karbon aktif yang digunakan dibuat homogen yaitu 100 mesh. Masing-masing karbon aktif dengan massa 0,1; 0,3; 0,5 dan 1 gram ditambahkan kedalam 50 mL larutan Cu 4 ppm sambil diaduk dengan kecepatan 100 rpm selama 60 menit. Hasil adsorpsi kemudian disaring dan filtratnya diambil serta dianalisis kadar logam Cu-nya dengan AAS sehingga diperoleh massa adsorben optimum. Kemudian kedalam 50 mL larutan Cu 4 ppm ditambahkan massa adsorben optimum sambil diaduk dengan kecepatan 100 rpm selama 5, 30, 60 dan 90 menit. Hasil adsorpsi kemudian disaring dan filtratnya diambil serta dianalisis kadar logam Cu-nya dengan AAS sehingga diperoleh waktu kontak optimum. Kedalam 50 mL larutan Cu 4 ppm ditambahkan massa adsorben optimum sambil diaduk menggunakan kecepatan 100 rpm dengan waktu kontak optimum kemudian dihitung kapasitas adsorpsinya. Langkah tersebut juga dilakukan untuk analisis kadar logam Cu di Air Laut Kenjeran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penentuan massa adsorben optimum

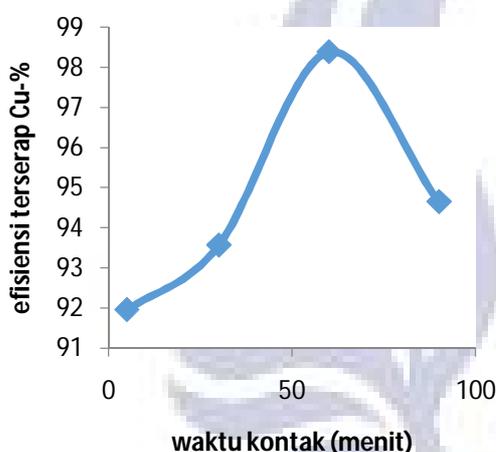


Gambar 1. Kurva standar penentuan massa adsorben optimum berdasarkan efisiensi adsorpsi.

Berdasarkan Gambar 1, secara umum adsorpsi ion Cu^{2+} berlangsung cepat pada massa karbon aktif 0,1-1 gram, jumlah adsorbat yang teradsorpsi meningkat dari 69,31–97,32%.

Adsorpsi ion Cu^{2+} yang optimum terlihat pada massa adsorben 1 gram yang semula konsentrasinya 3,892 (mg/L) berkurang menjadi 0,104 (mg/L) atau sama dengan 97,32 %. Hal ini dikarenakan karbon aktif memiliki struktur dasar seperti kristal yang terdiri dari lapisan paralel yang berbentuk cincin- cincin heksagonal dengan jarak 0,34 nm (3,4 Å) antar lapisan yang terhubung oleh gaya Van der Waals. Panjang ikatan karbon- karbon dalam kisi heksagonal 0,142 nm (1,42 Å) dan terikat secara kovalen, sehingga semakin banyak massa adsorben maka semakin besar pori-pori dan luas permukaan yang digunakan dalam proses adsorpsi.

B. Penentuan waktu kontak optimum



Gambar 2. Kurva standar penentuan waktu kontak optimum berdasarkan efisiensi adsorpsi.

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat hubungan antara waktu kontak dengan efisiensi adsorpsi ion Cu^{2+} . Pada menit ke-5 hingga ke-60, jumlah adsorbat teradsorpsi meningkat dari 91,96- 98,38%, selanjutnya adsorpsi menurun pada menit ke-90 yaitu menjadi 94,65%. Adsorpsi ion Cu^{2+} optimum terlihat pada waktu kontak 60 menit. Jumlah adsorbat yang terserap pada waktu 60 menit lebih besar dibandingkan dengan waktu kontak 5 dan 30 menit yaitu sebesar 3.829 mg/L dengan persentasi 98,38 %, sedangkan pada menit ke-90 jumlah adsorbat yang terserap menurun. Hal ini dikarenakan telah jenuhnya situs aktif pada adsorben sehingga menunjukkan adanya batas adsorben dalam

mengadsorpsi adsorbat yaitu logam Cu [7]. Bila dibandingkan dengan hasil penelitian lain yang dilakukan hingga kesetimbangan tercapai, maka efisiensi adsorpsi karbon aktif granular ini masih lebih rendah walaupun dapat dikatakan sudah cukup baik. Penelitian tentang Bentonit yang dilakukan oleh Bath [8] mampu mengadsorpsi 99,16% ion Cu^{2+} dengan massa adsorben 4 gram dan waktu kontak 2 jam. Namun demikian karbon aktif ini lebih baik dari pada penelitian Misran [9] yang membuat karbon aktif dari kulit coklat mampu mengadsorpsi ion Pb^{2+} dengan waktu kontak 60 menit sebesar 70,10%.

C. Isoterm Langmuir

Persamaan isoterm Langmuir diperoleh dari grafik hubungan antara C dengan C/Q seperti pada Gambar 3, dari data yang disajikan dalam Tabel 1. Dari persamaan linier isoterm Langmuir diperoleh persamaan garis yaitu :

$$y = 5,654x - 0,033 \quad (2)$$

dengan nilai linieritas (R^2) sebesar 0,999. Berdasarkan kajian teori kurva isoterm Langmuir dihitung nilai dari kapasitas adsorpsi/ maksimum adsorbat yang diserap (b) dan konstanta kesetimbangan isoterm Langmuir (K) menggunakan persamaan 4, sehingga diperoleh nilai :

$$1/b = 5,654$$

$$\frac{1}{bK} = 0,033$$

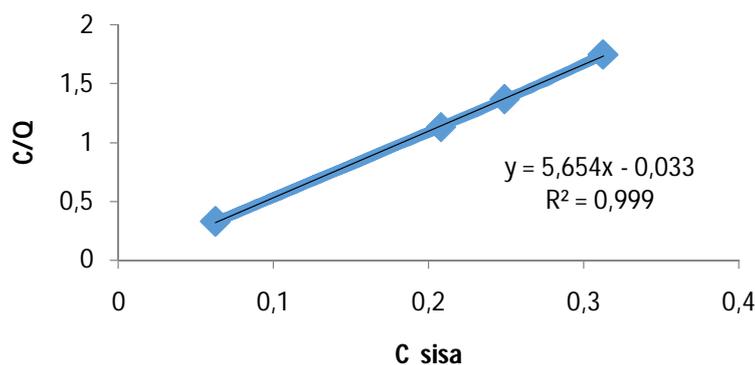
$$b = 0,177 \text{ mg/g}$$

$$K = 171,2$$

Jadi kapasitas adsorpsi dari karbon aktif granular terhadap ion Cu^{2+} adalah 0,177 mg/g dan konstanta kesetimbangan Langmuir 171,2 mg/L^{-1} .

Tabel 1. Nilai parameter untuk menentukan kurva Isoterm Langmuir.

Waktu Kontak (menit)	[Cu] awal (mg/L)	C	Q	C/Q	Log C	Log Q
		[Cu] sisa (mg/L)	(mg/g)	(g/L)		
5	3,892	0.3125	0,179	1,746	-0,505	-0,747
30	3,892	0.249	0,182	1,368	-0,604	-0,739
60	3,892	0.0625	0,191	0,327	-1,204	-0,719
90	3,892	0.208	0,184	1,130	-0,682	-0,735



Gambar 3. Kurva linier Isoterm Langmuir

D. Penentuan efisiensi adsorpsi karbon aktif granular dalam menyerap ion logam Cu(II) di Air Laut Kenjeran

Penentuan efisiensi adsorpsi karbon aktif granular dalam menyerap ion logam Cu(II) di Air Laut Kenjeran khususnya di Dermaga dilakukan

pada beberapa titik sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.

Pada tahap ini digunakan untuk mencari kadar Cu di air laut yaitu memakai massa adsorben 1 gram dan waktu kontak 60 menit yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Berikut adalah data yang diperoleh disajikan dalam Tabel 2.



Gambar 4. Lokasi pengambilan sampel pada beberapa titik di Dermaga Pantai Kenjeran .

Tabel 2. Efisiensi adsorpsi karbon aktif granular dalam menyerap logam Cu(II) di Dermaga Pantai Kenjeran

Titik pengambilan	[Cu] awal (mg/L)	C	x	Q	Efisiensi Adsorpsi (%)
		[Cu] sisa (mg/L)	[Cu] terserap (mg/L)	(mg/g)	
A	0,065	0,017	0,048	0,0024	73,84
B	0,079	0,029	0,050	0,0025	63,29
C	0,085	0,026	0,059	0,0029	69,41
D	0,096	0,014	0,082	0,0041	85,42
E	0,074	0,022	0,052	0,0026	70,27
Kontrol Cu 4 ppm	3,892	0,063	3,829	0,1914	98,38

Pada Tabel 2 diperoleh konsentrasi Cu awal yang berbeda-beda di beberapa titik pengambilan sampel, pada titik A, B, C, D dan E berturut-turut sebesar 0,065; 0,079; 0,085; 0,096 dan 0,074 mg/L. Dari data tersebut, titik C dan D memiliki nilai konsentrasi Cu yang lebih besar dibanding dengan yang lain (titik A, B dan E). Hal ini dikarenakan lokasi titik C dan D berada pada ± 3 meter dari bibir pantai, pada lokasi tersebut ion logam Cu^{2+} akan cenderung berakumulasi dalam sedimen yang menyebabkan semakin besarnya kandungan logam berat. Sebaliknya, untuk titik A dan B berada pada jarak ± 16 meter serta titik E ± 9 meter dari bibir pantai memiliki kandungan yang lebih kecil karena pada lokasi tersebut senyawa-senyawa terlarut termasuk logam berat akan mengalir menuju lautan lepas terbawa oleh ombak. Pencemaran logam berat tembaga di Dermaga dapat berasal dari limbah bahan bakar kapal serta cat yang melapisi galangan kapal yang apabila mengalami korosi akan terlarut ke perairan [1].

Berdasarkan Tabel 2 juga diketahui bahwa karbon aktif granular dapat mengurangi kadar cemaran ion logam Cu^{2+} di air laut Kenjeran semula konsentrasinya 0,065; 0,079; 0,085; 0,096 dan 0,074 mg/L menjadi 0,017; 0,029; 0,026; 0,014 dan 0,022 mg/L dengan taraf efisiensi adsorpsi sekitar 63- 85%. Namun hal ini jauh dari larutan kontrol $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dengan konsentrasi awal 4 mg/L menjadi 0,063 mg/L dengan efisiensi adsorpsi sebesar 98,38%.

Perbedaan penyerapan Cu antara larutan kontrol dengan air laut berbanding terbalik. Konsentrasi adsorbat berbanding lurus dengan konsentrasi larutan [8]. Larutan kontrol dengan konsentrasi besar memiliki efisiensi adsorpsi besar. Namun, pada air laut didapatkan konsentrasi yang lebih kecil sehingga

menghasilkan efisiensi adsorpsi kecil. Hal ini dikarenakan dalam air laut terdapat banyak kandungan logam lain selain Cu (0,73 Å) yang memiliki jari-jari ion lebih kecil dari jari-jari karbon (0,77 Å) sehingga terjadi persaingan antara ion logam Cu^{2+} dengan ion logam lain sebagai adsorbat (zat yang diserap) antara lain Cr, Fe, dan Zn yang memiliki jari-jari ion berturut-turut 0,73; 0,61; 0,74 Å [10]. Meskipun demikian, karbon aktif sudah dikatakan cukup baik sebagai adsorben dalam menyerap cemaran ion logam. Selain itu juga dapat diketahui bahwa karbon aktif mampu menurunkan konsentrasi logam berat dalam hal ini adalah Cu sekitar 0,04-0,08 mg/L.

Selain itu juga terlihat bahwa konsentrasi sisa rata-rata berkisar antara 0,014-0,029 mg/L, nilai tersebut sudah memenuhi syarat baku mutu air yang ditetapkan pada PP No. 82 tahun 2001 untuk perikanan yaitu sebesar 0,02 mg/L sehingga dapat dikatakan bahwa karbon aktif granular memiliki kemampuan yang efektif dalam mengurangi kadar cemaran logam berat.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan data penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi ion logam Cu^{2+} dipengaruhi oleh massa dan waktu kontak.

Kondisi optimum massa sebesar 1 gram dengan waktu kontak 60 menit untuk konsentrasi Cu 4 mg/L. Konsentrasi Cu sebesar 4 mg/L setelah adsorpsi adalah 0,063 mg/L. Oleh karena itu diperoleh kapasitas adsorpsi karbon aktif granular dalam menyerap ion logam Cu^{2+} menggunakan model isoterm Langmuir sebesar 0,177 mg/g dan konstanta kesetimbangan

Langmuir sebesar $171,2 \text{ mg/L}^{-1}$, sedangkan pada air laut karbon aktif dapat menurunkan konsentrasi Cu sekitar 0,04-0,08 mg/L dengan efisiensi 63- 85 %.

Saran

Perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk adsorpsi logam berat di air laut dengan cara mengisolasi terlebih dahulu logam yang akan dianalisis yaitu dengan ditizon atau ammonium pirolidin ditiokarbamat (APDC) sehingga proses adsorpsi berlangsung optimum.

Pb dalam Larutan. Sumatera Utara: Sigma, Vol. 12, No. 1: 23-29.

10. Lee, John David. 1991. *Concise Inorganic Chemistry*. Singapore : Fong and Sons Printers Pte,Ltd.

DAFTAR PUSTAKA

1. Palar, Heryando. 2008. *Toksikologi dan Pencemaran Lingkungan*. Jakarta :PT. Rineka Cipta.
2. Tumin, Najua D., A.L. Chuah., Z. Zawani, S.A. Rashid. *Adsorption of Copper from Aqueous Solution by Elais guineensis kernel Activated Carbon*. Journal of Engineering Science and Technology, Vol. 3, No. 2 (2008) 180-189.
3. Halang, Bunda. 2007. *Kandungan Cu dan Pb pada Air dan Ikan Payau di Bendungan Sungai Tabaniao Desa Bajuin Kecamatan Palaihari Kabupaten Tanah Laut Banjarmasin*. Banjarmasin :Bioscientiae Volume 4, Nomor 1, Hal 43-52.
4. Hendra, Ryan. 2008. *Pembuatan Karbon Aktif*. Jakarta : UI-Press.
5. Rahmalia, Winda, dkk. 2009. *Pemanfaatan Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit (Elais guineensis Jacq) sebagai Bahan Dasar C-Aktif untuk Adsorpsi Logam Perak dalam Larutan*. Pontianak: Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
6. Suprihatin, dkk. 2010. *Penyisihan Logam Berat dari Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi*. Bogor : Makara, Sains Vol. 14 No. 1 : 44-50
7. Wirawan, Teguh. *Adsorpsi Krom Oleh Arang Aktif Termodifikasi Dari Tempurung Jarak Pagar (Jatropha curcas L)*. Sumatra : Mulawarman Scientific, Volume 10, Nomor 1, April 2011.
8. Bath, Daniel S., Jenal M., Lubis. 2012. *Penggunaan Tanah Bentonit Sebagai Adsorben Logam Cu*. Sumatera Utara : Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 1, No. 1.
9. Misran,Erni. 2009. *Pemanfaatan Kulit Coklat dan Kulit Kopi sebagai Adsorben Ion*