

## **Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Ijuk Pohon Aren (*Arenga pinnata*) terhadap $Pb^{2+}$**

### ***Adsorption Capacity of an Active Charcoal Made From Arenga pinnata Fiber Towards $Pb^{2+}$***

**Jasmal, Sulfikar<sup>\*</sup>, Ramlawati**

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Makassar. Jl. Dg. Tata Raya, Makassar

*Received 20<sup>th</sup> January 2015 / Accepted 10<sup>th</sup> February 2015*

#### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu kontak optimum, dan kapasitas adsorpsi arang aktif ijuk pohon aren terhadap ion  $Pb^{2+}$ . Arang aktif ini dibuat dengan mengkarbonasi ijuk pohon aren pada suhu  $400^{\circ}C$ , dihaluskan hingga ukuran  $-100/+200$  mesh, dan diaktifkan dengan merendam arang yang terjadi di dalam larutan NaCl 30% pada  $80^{\circ}C$  selama 5 jam dan dikeringkan pada suhu  $110^{\circ}C$ . Penentuan waktu kontak optimum menggunakan metode batch dengan variasi waktu yaitu 30, 60, 90, 120, dan 150 menit, dan penentuan kapasitas adsorpsi menggunakan pola isotherm Freundlich dan Langmuir dengan variasi konsentrasi ion  $Pb^{2+}$  5, 10, 15, 20, dan 25 ppm. Banyaknya ion yang terserap diukur menggunakan Spektrofotometer Serepan Atom (SSA). Hasil penelitian yang diperoleh berupa waktu kontak optimum tercapai pada menit ke-120, dan pola adsorpsinya mengikuti model isotherm Freundlich dengan kapasitas adsorpsi sebesar 6,81 mg/g.

Kata kunci : Adsorpsi, Arang Aktif,  $Pb^{2+}$  dan Kapasitas Adsorpsi

#### **ABSTRACT**

The purpose of this study is to determine the optimum contact time and the adsorption capacity of *Arenga Pinnata* fiber active charcoal towards  $Pb^{2+}$ . The active charcoal was made by carbonating the fiber at  $400^{\circ}C$ , sized to  $-100/+200$  mesh, was activated by soaking it in NaCl 30% solution at  $80^{\circ}C$  for 5 hours, and was dried at  $110^{\circ}C$ . The optimum contact time was determined using the batch by varying the contact time at 30, 60, 90, 120, and 150 minutes. The adsorption capacity was determined by applying the Freundlich and Langmuir isotherm model by varying the concentration of  $Pb^{2+}$  at 5, 10, 15, 20, and 25 ppm. We used AAS to measure the concentration of  $Pb^{2+}$  adsorbed. The optimum contact

---

*\*Korespondensi:*  
email: s\_hanafi@yahoo.com

time achieved at 120 minutes and the adsorption pattern followed Freundlich isotherm model with adsorption capacity of 6.81 mg/g.

Key words: Adsorption, Active Charcoal,  $Pb^{2+}$  and Adsorption Capacity

## **PENDAHULUAN**

Timbal merupakan logam berat yang berbahaya dan banyak di lingkungan. Hal ini dikarenakan timbal banyak digunakan pada industri utamanya industri barang-barang elektronik (Saeni, 1997). Timbal (Pb) merupakan unsur logam berat yang tidak dapat terurai oleh proses alam (Zang dalam Deri dkk, 2013). Secara alamiah, Pb dapat masuk ke dalam perairan melalui pengkristalan di udara dengan bantuan air hujan, melalui proses modifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin. Akibat aktivitas manusia, Pb dapat masuk ke lingkungan melalui limbah industri yaitu industri pipa, industri tank, industri baterai, dan industri barang-barang elektronik (Sunardi, 2006).

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mencegah pencemaran timbal di perairan adalah menetralkan limbah cair industri sebelum dibuang ke perairan melalui metode adsorpsi dengan arang aktif. Keunggulan dari metode ini adalah mempunyai daya adsorpsi yang tinggi, dapat diregenerasi, harga relatif murah dengan bahan baku yang melimpah sehingga cara ini lebih banyak digunakan oleh industri pada umumnya (Fitriani, 2009).

Bahan baku yang dapat dibuat menjadi arang aktif adalah semua bahan yang mengandung lignoselulosa (lignin dan selulosa), baik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan maupun dari binatang (Meilita dan Tuti, 2003).

Ijuk merupakan suatu bahan dari tanaman aren yang memiliki serat kasar dan lignin pada dinding selnya serta bersifat kuat dan keras. Ijuk dalam kehidupan sehari-hari biasanya dimanfaatkan sebagai penyaring, dan pengikat bahan organik dalam air (Djabbar, 2006), sedangkan kemampuan untuk mengadsorpsi bahan-bahan polutan air seperti ion-ion logam yang menjadi penyebab pencemaran lingkungan khususnya pencemaran air belum banyak diketahui. Ada klaim yang berbeda-beda mengenai komposisi lignin dan selulosa yang terdapat pada ijuk. Menurut Sitepu dkk (2006), ijuk memiliki kadar lignin 7% dan selulosa 74%; Christiani (2008): lignin 43,09% dan selulosa 51,54%; sedangkan menurut Mahmuda dkk (2013): lignin 36,44% dan selulosa 85,27%. Data tersebut menunjukkan bahwa ijuk merupakan salah satu bahan yang memiliki potensi sebagai bahan dasar pembuatan arang aktif.

Adsorpsi arang aktif dapat ditingkatkan dengan cara aktivasi yaitu suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori. Ada dua cara proses aktivasi yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia, aktivasi secara fisika dilakukan dengan pemanasan pada suhu tinggi ( $800-1000^{\circ}C$ ), sedangkan aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan bahan pengaktif seperti  $ZnCl_2$ ,  $CaCl_2$ ,  $NaCl$ ,  $NaOH$ , dan lain-lain (Sri, 2002; Meilita dan Tuti, 2003).

Hartanto dan Ratnawati (2010) telah menguji tiga aktivator kimia untuk mengaktifkan arang tempurung kelapa

sawit, yaitu NaOH, NaCl, dan HCl. Mereka menemukan bahwa dengan menggunakan NaOH kadar air yang diperoleh lebih sedikit dibanding yang lain, namun untuk uji daya serap iodine, NaCl dan NaOH keduanya sama baiknya. Meskipun dengan menggunakan NaOH kadar airnya lebih sedikit daripada NaCl, namun NaCl tidak bersifat toksik, harganya sangat terjangkau, mudah diperoleh, dan aman terhadap lingkungan. Yudi (2011) memperoleh konsentrasi optimum NaCl yang digunakan dalam pengaktifan arang dari ban bekas adalah 30%.

Penelitian tentang adsorpsi serbuk ijuk terhadap ion  $Pb^{2+}$  telah dilakukan oleh Batara (2006), dalam penelitiannya diperoleh waktu optimum 2 jam dengan kapasitas adsorpsi 5,77 mg/g. Sepanjang penelusuran literatur yang dilakukan belum menemukan adanya penelitian mengenai kemampuan ijuk dalam mengadsorpsi ion logam  $Pb^{2+}$  setelah diubah menjadi arang aktif.

Kapasitas adsorpsi ditentukan dengan menggunakan persamaan isotherm adsorpsi. Isotherm adsorpsi menggambarkan konsentrasi yang bergantung pada kesetimbangan distribusi

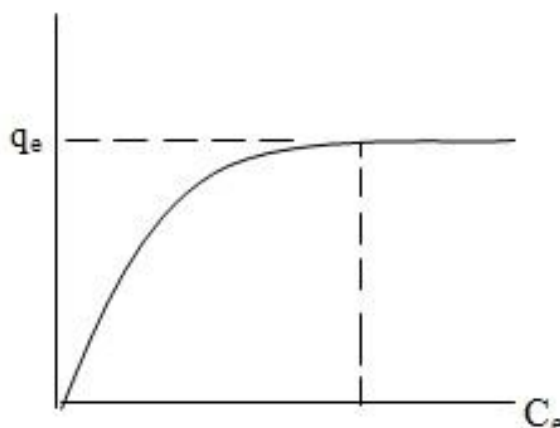
ion-ion logam antara larutan dan fase padat (Filipovic dkk, 2000). Persamaan isothermal adsorpsi yang umum digunakan adalah persamaan Langmuir dan Freundlich.

#### 1. Isothermal Adsorpsi Langmuir

Isothermal sederhana ini didasarkan pada asumsi bahwa adsorpsi tidak dapat berlangsung melebihi satu lapisan. Semua bidang setimbang dan permukaannya seragam. Selain itu, kemampuan dari molekul untuk menyerap pada bidang yang diberikan adalah bebas dan didukung oleh bidang sekitarnya (Atkins, 1994). Persamaan Isotherm Langmuir merupakan suatu hubungan yang dinyatakan sebagai berikut:

$$q_e = \frac{Q_m * b * C_e}{1 + b * C_e}$$

dimana  $q_e$  adalah kesetimbangan adsorbat yang teradsorpsi (mg adsorbat/g adsorben),  $C_e$  adalah kesetimbangan konsentrasi adsorbat (mg adsorbat/Liter),  $Q_m$  adalah kapasitas adsorpsi (mg adsorbat/g adsorben) dan  $b$  adalah intensitas adsorpsi (L/mg). Dari persamaan ini jika diplotkan grafik hubungan antara  $q_e$  dengan  $C_e$  maka akan diperoleh grafik pola isotherm Langmuir seperti pada Gambar 1.



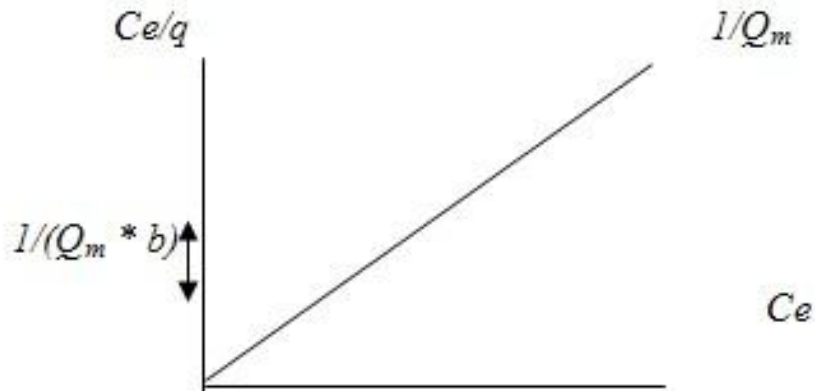
Gambar 1. Grafik pola Isotherm Langmuir

Bentuk linear dari persamaan isoterm Langmuir ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_m b} + \frac{C_e}{Q_m} \dots\dots\dots (2.2)$$

Apabila data percobaan  $C_e/q_e$  diplot terhadap  $C_e$ , akan membentuk garis lurus.

Perpotongan dengan sumbu Y menyatakan nilai  $1/(Q_m b)$  dan kemiringan dari garis lurus menyatakan nilai  $1/Q_m$ . Grafik isoterm Langmuir dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Model Isoterm Langmuir

Model ini telah sering digunakan sebagai model adsorpsi logam pada berbagai jenis adsorben walaupun pengambilan logam tidak tepat mengikuti mekanisme adsorpsi lapisan tunggal (Filipovic dkk, 2000).

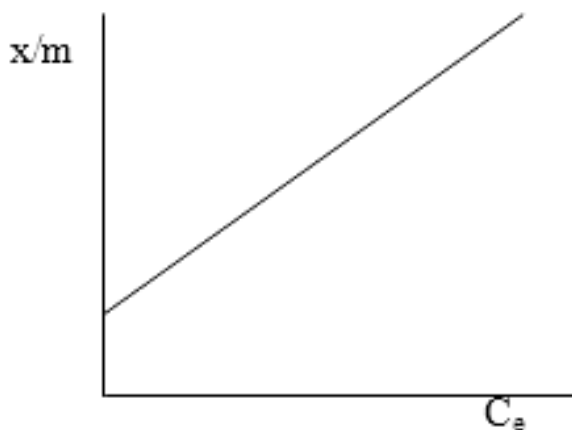
2. Isotermal Adsorpsi Freundlich

Isothermal Freundlich ini digunakan pada energi permukaan yang heterogen dengan konsentrasi yang berbeda-beda (Atkins. 1994). Isoterm Freundlich

merupakan persamaan yang menghubungkan jumlah zat yang teradsorpsi dengan konsentrasi zat dalam larutan yang dirumuskan dengan persamaan :

$$x/m = k C_e^{1/n}$$

Dari persamaan ini jika diplotkan grafik hubungan antara  $x/m$  dengan  $C_e$  maka akan diperoleh grafik pola isotherm Freundlich seperti pada Gambar 3.



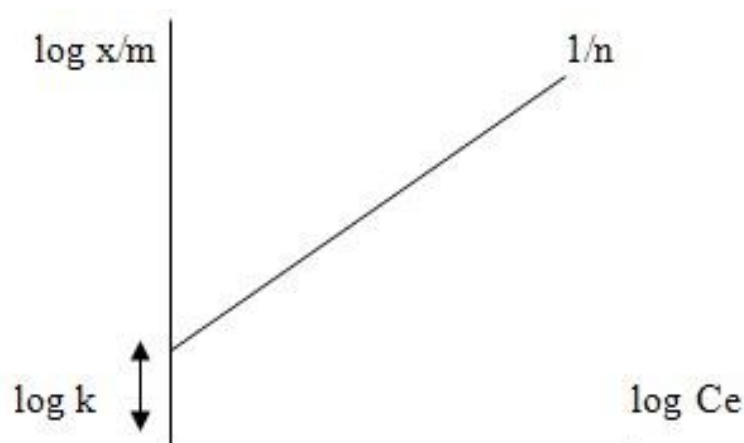
Gambar 3. Grafik Pola Isoterm Freundlich

Bentuk linear dari persamaan isoterm Freundlich ditunjukkan oleh persamaan:

$$\log \left( \frac{x}{m} \right) = \log k + \left( \frac{1}{n} \right) \log C$$

dimana  $x$  adalah jumlah zat terlarut yang diadsorpsi,  $m$  adalah gram adsorben yang digunakan,  $C$  adalah konsentrasi

kesetimbangan larutan.  $k$  dan  $n$  merupakan konstanta yang menggabungkan seluruh faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi seperti kapasitas dan intensitas adsorpsi. Grafik isoterm Freundlich dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Model Isoterm Freundlich

Persamaan Freundlich berasumsi bahwa adsorpsi terjadi secara multi-layer pada permukaan adsorben dan adsorpsi bertambah dengan bertambahnya konsentrasi (Namasivayam, 2001).

## METODE

### 1. Pembuatan Arang Aktif

Sampel ijuk yang telah diambil dari pohon aren berupa serabut dibersihkan dari kotorannya (dicuci), dikeringkan di bawah sinar matahari langsung selama 1-2 hari. Setelah kering ijuk dipotong kecil-kecil lalu di keringkan kembali di oven selama 1 jam. Ijuk yang telah kering dimasukkan dalam kurs porselin, kemudian dikarbonisasi dalam tanur pada suhu  $400^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Produk arang kemudian didinginkan. Arang yang telah dingin dihaluskan kemudian

diayak dengan ukuran ayakan lolos saringan 100 mesh dan tertahan di 200 mesh. Arang yang diperoleh direndam dengan larutan NaCl 30% pada suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 5 jam. Arang kemudian disaring dan dicuci beberapa saat dengan air panas dan kemudian dengan air dingin hingga pH pencuci netral. Arang hasil pencucian dikeringkan pada suhu  $110^\circ\text{C}$  dalam oven dan ditimbang hingga beratnya konstan.

### 2. Penentuan Waktu Kontak Optimum

Larutan  $\text{Pb}^{2+}$  dengan konsentrasi 25 ppm disiapkan dalam 15 erlenmeyer yang berbeda dengan volume masing-masing 25 mL. Ke dalam 25 mL larutan  $\text{Pb}^{2+}$  ditambahkan 0,5 g arang aktif yang telah dibuat. Campuran dikocok menggunakan shaker dengan variasi waktu 30, 60, 90, 120, dan 150 menit, setelah itu disaring dengan kertas saring biasa untuk

memperoleh supernatan ion  $Pb^{2+}$ . Absorbansi filtrat diukur dengan SSA. Dari penentuan waktu kontak ini ditentukan orde reaksi dan konstanta laju reaksi dengan cara menguji orde reaksi yang sesuai dengan melihat nilai  $R^2$  untuk grafik masing-masing orde.

### 3. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Ion $Pb^{2+}$ oleh Arang Aktif Ijuk

Sebanyak 25 mL larutan ion logam  $Pb^{2+}$  dengan konsentrasi 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, dan 25 ppm disiapkan. Ke dalam tiap-tiap 25 mL larutan  $Pb^{2+}$  tersebut ditambahkan 0,5g arang aktif. Tiap-tiap campuran dikocok dengan shaker selama waktu optimum, kemudian disaring dengan kertas saring biasa. Absorbansi filtrat diukur dengan SSA.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Penentuan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Arang Aktif Ijuk Pohon Aren Terhadap Ion $Pb^{2+}$

Konsentrasi ion  $Pb^{2+}$  yang diadsorpsi oleh arang aktif dari ijuk pohon aren diperoleh dengan melakukan variasi waktu kontak. Hasil yang diperoleh digunakan untuk menentukan waktu optimum adsorpsi ion  $Pb^{2+}$  dengan cara menghitung daya serap setiap waktu yang digunakan. Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi bertujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh adsorben arang aktif ijuk pohon aren dalam menyerap ion logam  $Pb^{2+}$  secara maksimum. Hasil analisis ion  $Pb^{2+}$  yang terserap dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rerata Ion  $Pb^{2+}$  yang Teradsorpsi dengan Menggunakan Arang Aktif Ijuk pada Berbagai Waktu Kontak dari Ion  $Pb^{2+}$  25 ppm.  $n = 3$

Waktu kontak (menit)	Konsentrasi sisa ( $C_e$ ) (ppm)	Standar deviasi (S)	Konsentrasi terserap (ppm)	Daya serap (%)	Daya serap ( $\mu\text{g/g}$ )
30	6,6799	0,0173	18,3201	73,28	0,9142
60	6,2776	0,0200	18,7224	74,89	0,9326
90	6,2633	0,0264	18,7367	74,95	0,9346
120	6,1443	0,0469	18,8557	75,42	0,9398
150	6,1846	0,0100	18,8154	75,26	0,9396

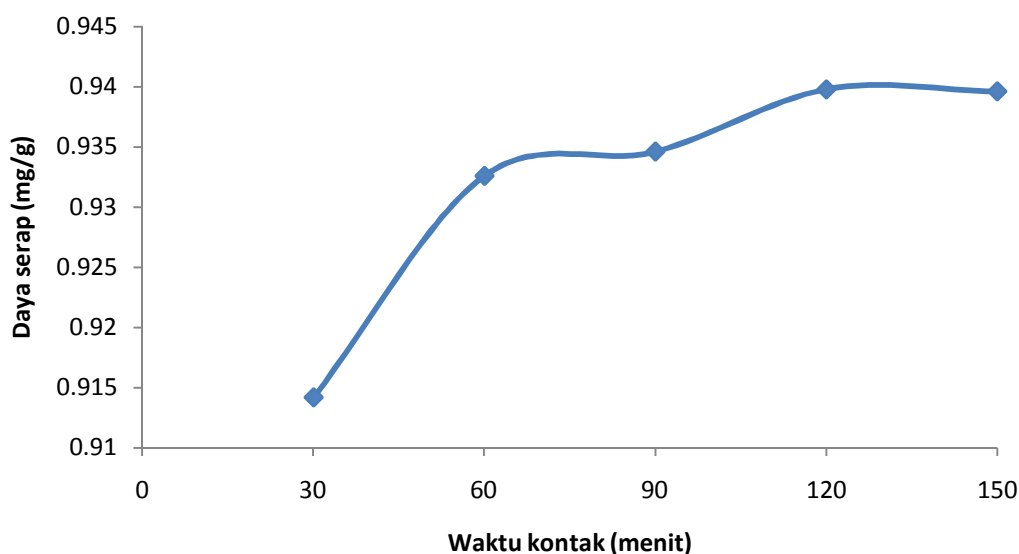
Tabel di atas memperlihatkan bahwa dari menit ke-30 sampai menit ke-120 terjadi peningkatan daya serap sedangkan pada menit ke-120 sampai menit ke-150 terjadi penurunan daya serap. Hal ini menandakan bahwa waktu kontak optimum arang aktif ijuk pohon aren dalam

menyerap ion  $Pb^{2+}$  dicapai pada waktu 120 menit dengan daya serap 0,9398  $\mu\text{g/g}$ .

Hasil tersebut terlihat jelas pada Gambar 5 grafik hubungan antara waktu kontak dengan daya serap arang aktif ijuk terhadap ion  $Pb^{2+}$  ( $\mu\text{g/g}$ ). Dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin lama waktu kontak semakin tinggi daya serap, namun

pada waktu 120 sampai 150 menit grafik terlihat datar yang artinya daya serap sudah

konstan. Hal ini menandakan bahwa waktu kontak optimum tercapai pada 120 menit.



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Daya serap (mg/g) Arang Aktif Ijuk Pohon Aren terhadap Ion  $Pb^{2+}$  pada Berbagai Waktu Kontak

## 2. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Ijuk Pohon Aren Terhadap Ion $Pb^{2+}$

Penentuan Kapasitas adsorpsi dilakukan untuk mengetahui kemampuan suatu adsorban (arang aktif ijuk) dalam

menyerap atau mengadsorpsi adsorbat (ion logam  $Pb^{2+}$ ). Hasil analisis ion  $Pb^{2+}$  yang teradsorpsi pada berbagai konsentrasi dengan menggunakan waktu optimum 120 menit dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata ion  $Pb^{2+}$  yang Teradsorpsi dengan Menggunakan Arang Aktif Ijuk pada Berbagai Konsentrasi dengan Waktu Kontak Optimum 120 menit.  $n = 3$

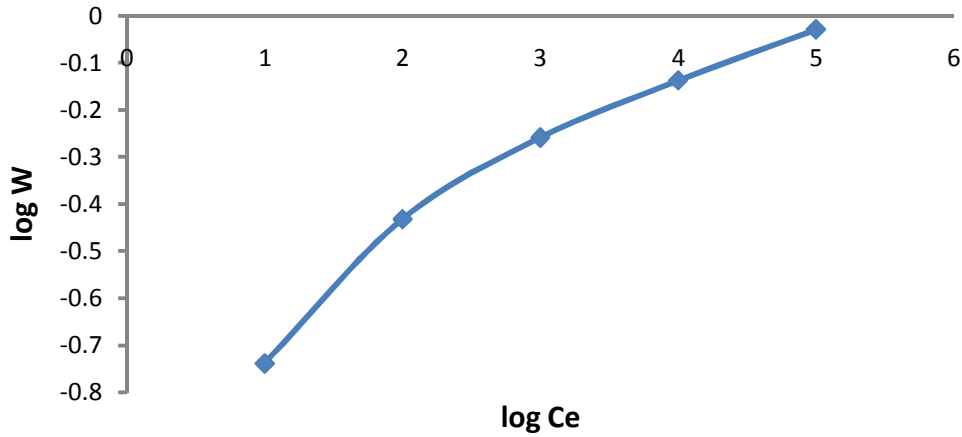
Konsentrasi awal ( $C_0$ ) (ppm)	Konsentrasi sisa ( $C_e$ ) (ppm)	Standar Deviasi (S)	Konsentrasi terserap (ppm)	Daya serap (mg/g)	log w	log $C_e$	$C_e/W$
5	1,3383	0,0141	3,6617	0,1825	-0,7387	0,1265	7,3331
10	2,5999	0,0077	7,4001	0,3698	-0,4320	0,4149	7,0305
15	3,9543	0,0245	11,0457	0,5514	-0,2585	0,5970	7,1714
20	5,3623	0,0264	14,6377	0,7289	-0,1373	0,7293	7,3571
25	6,2619	0,0141	18,7381	0,9357	-0,0288	0,7967	6,6921

Dari tabel tersebut terlihat bahwa semakin besar konsentrasi ion  $Pb^{2+}$  maka semakin banyak ion  $Pb^{2+}$  yang terserap, hal

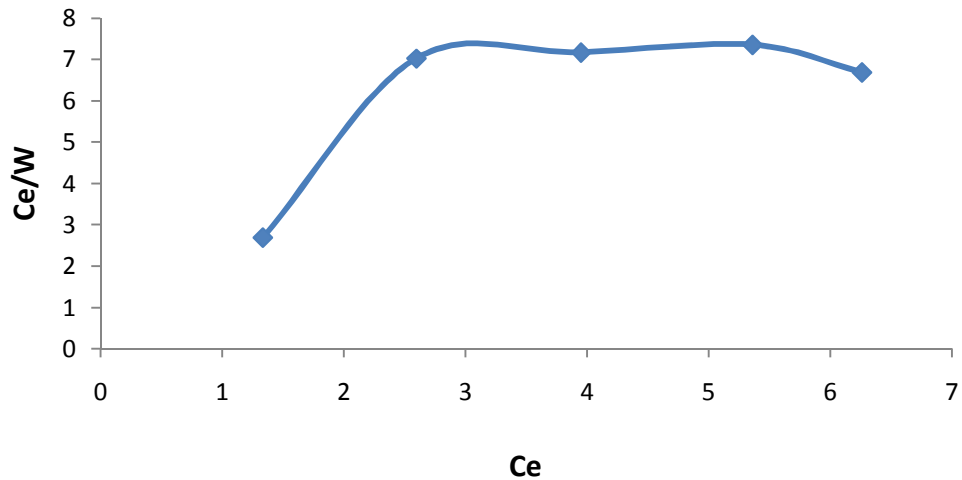
ini terlihat dari hasil daya serap yang diperoleh dari 5 ppm sampai 25 ppm terjadi peningkatan daya serap. Hasil pengukuran

tersebut dimasukkan kedalam grafik persamaan Freundlich dan persamaan Langmuir untuk menentukan pola isotherm yang sesuai dan besarnya kapasitas

adsorpsi. Grafik isotherm Freundlich dan Langmuir dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Grafik Isoterm Freunlich Adsorpsi Ion Logam  $Pb^{2+}$  oleh Arang Aktif Ijuk Pohon Aren



Gambar 7 Grafik Isoterm Langmuir Adsorpsi Ion Logam  $Pb^{2+}$  oleh Arang Aktif Ijuk Pohon Aren

Pola isotherm yang sesuai dapat diketahui dengan membandingkan nilai  $R^2$  dari kedua grafik. Dari kedua grafik diatas terlihat bahwa adsorpsi  $Pb^{2+}$  oleh arang aktif ijuk pohon aren lebih cenderung mengikuti persamaan isotherm Freundlich daripada Langmuir karena nilai  $R^2$  untuk

kurva Freundlich mendekati 1 yaitu 0,9488. Oleh karena itu, kapasitas adsorpsi oleh arang aktif ijuk pohon aren terhadap  $Pb^{2+}$  dihitung menggunakan persamaan isotherm Freundlich (Persamaan 2.2). Hasil perhitungan kapasitas adsorpsi ( $b$ ) arang



aktif ijuk pohon aren terhadap  $Pb^{2+}$  adalah 6,81 mg/g.

Isotherm adsorpsi Freundlich mengasumsikan bahwa adsorpsi terjadi secara fisik artinya penyerapan lebih banyak terjadi pada permukaan arang aktif. Pada adsorpsi fisik adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan yang lain, dan pada permukaan yang ditinggalkan dapat digantikan oleh adsorbat yang lainnya. Adsorpsi fisik ini terjadi karena adanya ikatan Van Der Waals yaitu gaya tarik-menarik yang lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben.

## **KESIMPULAN**

Waktu kontak optimum adsorpsi arang aktif ijuk pohon aren terhadap ion  $Pb^{2+}$  adalah 120 menit dengan kapasitas adsorpsi arang aktif ijuk pohon aren terhadap ion  $Pb^{2+}$  adalah 6,81 mg/g.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Laboran dan Dosen Laboratorium Kimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Makassar, yang telah mengizinkan dan membantu penelitian ini hingga selesai.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Atkins PW. 1994. *Physical Chemistry 5th Edition*. Oxford: Oxford University Press.
- Batara A. 2006. *Adsorpsi ion  $Pb^{2+}$  Menggunakan Serbuk Ijuk*. Makassar: Jurusan Teknik Kimia UMI.
- Christiani E. 2008. *Karakterisasi Ijuk Pada Papan Komposit Ijuk Serat Pendek*

*Sebagai Perisai Radiasi Neutron*. Medan: Universitas Sumatra Utara.

- Deri. 2013. *Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove (Avicennia marina) Di Perairan Teluk Kendari*. Jurnal Mina Laut Indonesia. 1(1):38–48.
- Djabbar M. 2006. *Penentuan Waktu Kontak Dan pH Optimum Terhadap Daya Adsorpsi Ion  $Cu^{2+}$  Oleh Ijuk*. Makassar: Jurusan Kimia FMIPA UNM.
- Filipovic. 2000. *Biosorption Of Chromium, Copper, Nickel And Zinc Ions Onto Fungal Pellets Of Aspergillus Niger 405 from Aqueous Solutions*. Food technol. Biotechnol. 38:211-216.
- Fitriani. 2009. *Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Tempurung Kemiri Terhadap Ion  $Cd^{2+}$* . Makassar: Jurusan Kimia FMIPA UNM.
- Hartanto S dan Ratnawati. 2010. *Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia*. Jurnal Sains Materi Indonesia. 12:12-16.
- Mahmuda. 2013. *Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Ijuk Dengan Matriks Epoxy*. Jurnal FEMA. 1(3):79-84.
- Meilita T dan Tuti S. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. Medan: Jurusan Teknik Industri Universitas Sumatra Utara.
- Namasivayam C. 2001. *Uptake of dyes by a promoting locally available agriculture solid waste: coir pith*. Waste Management. 21: 381-387.
- Sitepu M. 2006. *Modifikasi Serat Ijuk dengan Radiasi Sinar- $\gamma$  Suatu Studi*

- untuk Perisai Radiasi Nuklir. Jurnal Sains Kimia. 10(1):4–9.*
- Sunardi. 2006. *116 Unsur Kimia Deskripsi dan Pemamfaatannya.* Bandung: Yrama Widya.
- Yudi A. 2011. *Pembuatan Karbon Aktif Dari Ban Bekas.* Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.