

## APLIKASI KARBON AKTIF DARI CANGKANG KELAPA SAWIT DENGAN AKTIVATOR $H_3PO_4$ UNTUK PENYERAPAN LOGAM BERAT Cd DAN Pb

Erika Mulyana Gultom, M. Turmuzy Lubis  
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara  
Jl. Almamater Kampus USU Medan, 20155 Indonesia  
erikagultom88@yahoo.com

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum arang aktif yang terbuat dari cangkang kelapa sawit yang diaktivasi dengan  $H_3PO_4$  sebagai penyerap logam berat berupa Cd dan Pb. Metodologi penelitian meliputi proses penyiapan bahan arang aktif, penyerapan dan pengujian. Tahap penyerapan dilakukan dengan variasi konsentrasi logam berat yaitu 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm terhadap massa sampel tiap run, yakni 0,5 gram. Variabel tetap lain adalah waktu kontak dengan selang waktu 5 menit dan pH logam berat diatur 2-9. Pengujian daya serap karbon aktif terhadap logam berat dilakukan menggunakan *atomic adsorption spectrofotometric* (AAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyerapan yang paling optimum adalah konsentrasi 10 ppm, waktu 40 menit dan pH 3-4. Daya serap logam berat Cd dan Pb mencapai 84,61 % dan 80,13 %.

**Kata kunci :** cangkang kelapa sawit, arang aktif, logam berat, *atomic adsorption spectrofotometric*

### Abstract

*This research aims to determine the optimum conditions of activated carbon made of palm shells activated with  $H_3PO_4$  as an absorber of heavy metals such as Cd and Pb. The research methodology includes the preparation of activated carbon, absorption, and testing. Absorption stage is done by varying the concentration of heavy metals are 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm and activated carbon mass per run, which is 0.5 grams. Another variable are the contact time with intervals of 5 minutes and the pH arranged heavy metals 2-9. Testing activated carbon absorption to heavy metals using atomic adsorption spectrofotometric (AAS). The results showed that the most optimum absorption is concentration of 10 ppm, 40 minutes and pH absorption 3-4. Absorption of heavy metals Cd and Pb obtained 84,61 % and 80,13 %.*

**Keywords:** palm shells, activated carbon, heavy metals, *atomic adsorption spectrofotometric*

### Pendahuluan

Dalam era industrialisasi yang disertai dengan globalisasi dewasa ini, beberapa negara berkembang termasuk Indonesia, kualitas lingkungan menjadi suatu permasalahan nasional yang perlu dicari solusinya [17]. Salah satu komponen lingkungan yang sangat penting untuk kehidupan adalah air. Saat ini air sering menjadi masalah karena banyak yang tercemar. Penyebabnya antara lain berasal dari limbah industri yang mengandung bahan pencemar termasuk bahan kimia yang berbahaya dan beracun seperti logam berat Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, As [12].

Secara umum diketahui bahwa logam berat merupakan unsur yang berbahaya di permukaan bumi, sehingga kontaminasi logam berat di lingkungan merupakan masalah besar dunia saat ini. Persoalan spesifik di lingkungan terutama akumulasinya sampai pada rantai makanan dan keberadaannya di alam, serta meningkatnya jumlah logam berat yang menyebabkan keracunan terhadap tanah, udara dan air meningkat. Kegiatan-kegiatan manusia yang dapat menyebabkan masuknya logam berat ke lingkungan antara lain adalah pertambangan (minyak, emas, batubara, dan

lain-lain), pembangkit tenaga listrik, peleburan logam, pabrik pupuk, kegiatan industri dan penggunaan produk sintetis (misalnya pestisida, cat, baterai, limbah industri dan lain-lain) [1].

Mengingat besarnya dampak yang ditimbulkan oleh limbah industri, beberapa tahun terakhir ini masalah pencemaran lingkungan dan pengaruhnya terhadap kesehatan mendapat perhatian penting. Logam berat dalam limbah industri dapat dipisahkan dengan berbagai cara seperti pengendapan kimia, elektrodeposisi, ekstraksi pelarut, ultrafiltrasi dan penukar ion [5]. Adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif dan resin penukar ion telah umum digunakan sebagai bahan penyerap polutan. Akan tetapi bahan penyerap dan resin penukar ion tersebut tidak mudah didapatkan dan harganya relatif mahal, sehingga para peneliti mulai mencari alternatif material lain yang dapat digunakan sebagai bahan penyerap [11].

Arang aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan

berlangsung, diusahakan tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi [9]. Arang aktif selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap) [14].

### Metodologi Penelitian

Bahan baku yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dengan aktivator  $H_3PO_4$ , dan bahan kimia berupa kadmium sulfat ( $CdSO_4$ ), timbal sulfat ( $PbSO_4$ ), asam klorida ( $HCl$ ).

Peralatan utama yang digunakan erlenmeyer, *rotary shaker* dan *atomic adsorption spectrophotometric* (AAS).

Variabel-variabel dalam percobaan:

- Pengaruh konsentrasi awal terhadap daya serap logam berat Cd dan Pb yang dilakukan dengan variasi konsentrasi 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm dengan waktu kontak 20 menit.
- Pengaruh waktu kontak terhadap daya serap logam berat Cd dan Pb menggunakan konsentrasi 10 ppm dengan waktu kontak dimulai dari 5 menit hingga diperoleh kontan.
- Pengaruh pH terhadap daya serap logam berat Cd dan Pb dengan variasi pH 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan waktu kontak 30 menit.

Dari variabel diatas, maka akan dilakukan analisa terhadap daya serap menggunakan AAS.

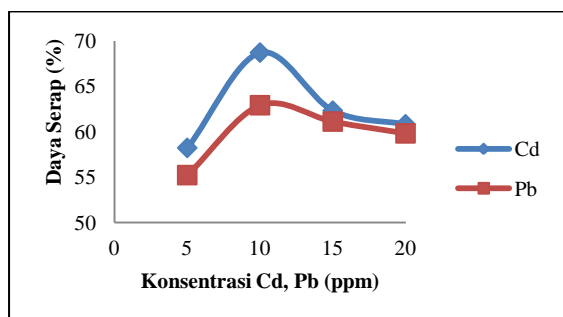
### Hasil dan Pembahasan

#### Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku penelitian ini diperoleh dari hasil optimum karbonisasi cangkang kelapa sawit dengan aktivator  $H_3PO_4$  yang dilakukan sebelumnya yaitu pada kondisi 400 °C, konsentrasi aktivator 20 % dan waktu 1 jam dengan bilangan iodium 403,5 mg/gr karbon aktif.

#### Pengaruh Konsentrasi Awal Terhadap Daya Serap

Pengaruh konsentrasi awal terhadap daya serap dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Konsentrasi Awal Terhadap Daya Serap

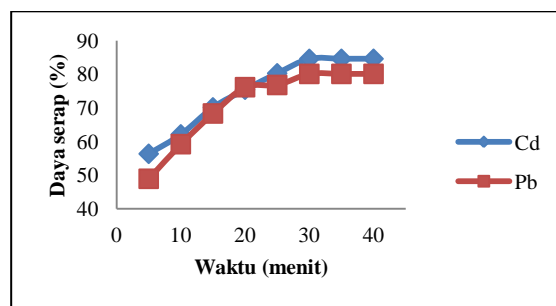
Adsorpsi dilakukan menggunakan pengaduk *rotary shaker* pada suhu ruang. Pemilihan suhu ruang ini karena proses adsorpsi pada suhu yang semakin tinggi menyebabkan ion logam berat yang terserap oleh adsorben semakin sedikit. Hal ini terjadi karena semakin tinggi suhu pada proses adsorpsi, maka pergerakan ion logam berat yang terserap oleh adsorben semakin berkurang [7].

Karbon aktif sebanyak 0,5 gram dimasukkan kedalam 100 ml air suling yang mengandung 5, 10, 15, 20 mg/l (ppm) larutan logam berat Pb dan Cd dengan waktu kontak 40 menit. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kondisi optimum penyerapan untuk Cd dan Pb dicapai pada konsentrasi 10 ppm dengan efisiensi penyerapan untuk ion logam Cd dan Pb masing-masing sebesar 68,7 % dan 62,9 %.

Jumlah ion logam yang diserap adsorben tergantung kepada jumlah konsentrasi awal kandungan logam dalam limbah cair dan jumlah adsorben yang digunakan, sesuai dengan pendapat oleh Gueu, dkk [8].

#### Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Daya Serap

Pengaruh waktu kontak terhadap daya serap dapat dilihat pada gambar 2.



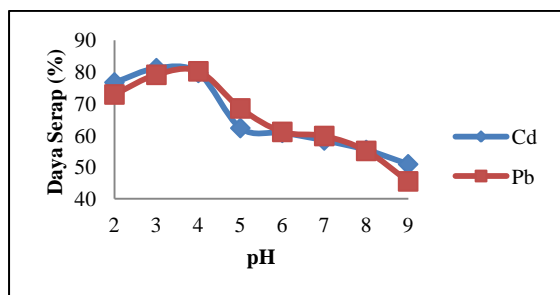
Gambar 2. Hubungan Waktu Kontak dengan Daya Serap

Karbon aktif optimal ini digunakan untuk menguji efektifitasnya dalam mengurangi kadar logam berat pada larutan sintesis  $CdSO_4$  dan  $PbSO_4$ . Pengujian dilakukan pada selang waktu 5 menit hingga menit ke 40. Dari data penelitian diperoleh bahwa karbon aktif ini mampu menyerap logam berat terbukti dengan peningkatan daya serapnya. Kemampuan adsorpsi karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dalam kajian ini dapat dilihat dari waktu kontak terhadap daya serap karbon aktif mengadsorpsi logam secara optimal. Semakin lama waktu kontak, maka semakin banyak logam yang teradsorpsi karena semakin banyak kesempatan partikel karbon aktif untuk bersinggungan dengan logam. Hal ini menyebabkan semakin banyak logam yang terikat didalam pori-pori karbon aktif.

Karbon aktif dari cangkang kelapa sawit ini mampu menyerap Cd pada larutan sintesis mencapai 84,61 %, sedangkan untuk Pb mampu mencapai 80,13%. Jumlah logam yang teradsorpsi akan semakin besar jumlahnya sesuai dengan semakin bertambahnya jumlah konsentrasi awal logam yang ada terkandung didalam limbah dan akan diikuti dengan waktu kontak yang akan menunjukkan jumlah logam yang terserap akan konstan sesuai dengan pendapat [13].

### Pengaruh pH Terhadap Daya Adsorpsi Karbon Aktif

Pengaruh konsentrasi awal terhadap daya serap dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Hubungan pH Terhadap Daya Serap

Kemampuan penyerapan suatu adsorben dapat dipengaruhi oleh pH larutan. Hal ini berhubungan dengan protonasi atau deprotonasi permukaan sisi aktif dari sorben [4]. Untuk asam-asam organik, adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral [10]. Nilai pH juga dapat mempengaruhi kesetimbangan kimia. Dengan variasi pH kemungkinan ikatan kimia antara adsorben dan adsorbat dapat terjadi.

Dari penelitian yang dilakukan ternyata semakin tinggi pH maka daya serap menurun. Dalam grafik dapat terlihat jelas perubahan akibat kenaikan pH. pH terbaik untuk daya serap optimal berada pada pH 3 untuk adsorpsi logam Cd yaitu mencapai 81,2% dan pH 4 untuk adsorpsi logam Pb yaitu mencapai 80,2%. Penelitian sangat sesuai dengan teori yang dinyatakan Bernasconi [10] yaitu adsorpsi meningkat pada kondisi pH yang rendah.

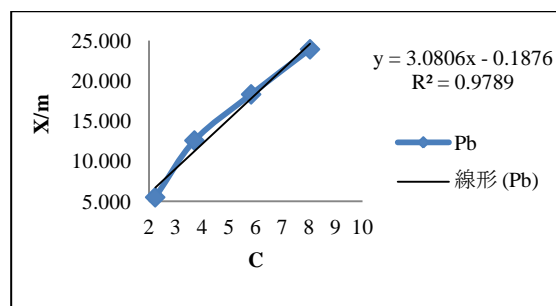
### Isothermis Adsorpsi

Perubahan konsentrasi adsorbat oleh proses adsorpsi sesuai dengan mekanisme adsorpsinya dapat dipelajari melalui penentuan isotherm adsorpsi. Isotherm adsorpsi yang biasa digunakan adalah isotherm Langmuir dan Freundlich. Pengujian model kesetimbangan dilakukan untuk menentukan model kesetimbangan yang sesuai digunakan pada suatu penelitian. Penentuan model kesetimbangan

tergantung pada harga koefisien determinan ( $R^2$ ) dengan harga yang tinggi [16].

Kesetimbangan adsorpsi merupakan suatu penjabaran matematika suatu kondisi isothermal yang khusus untuk setiap adsorben. Oleh karena itu, untuk masing-masing bahan penyerap (adsorben) dan bahan yang diserap (adsorbat) memiliki kesetimbangan adsorpsi tersendiri [3].

Langmuir menjabarkan teori adsorpsinya bahwa pada permukaan adsorben terdapat sejumlah situs aktif yang dapat mengadsorpsi satu molekul. Ikatan antara adsorben dan zat teradsorpsi dapat terjadi secara fisik atau kimia. Ikatan tersebut harus kuat untuk menjaga terjadinya perpindahan molekul yang telah teradsorpsi sepanjang permukaan adsorben [15]. Model isotherm Langmuir pada logam Pb dapat dilihat pada gambar 4.

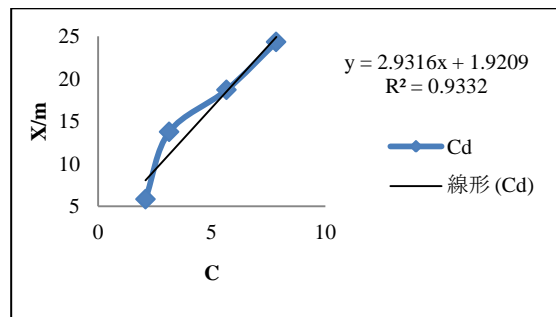


Gambar 4. Model Isotherm Langmuir Logam Pb

Jika situs aktif yang terdapat pada permukaan adsorben karbon aktif belum jenuh dengan zat teradsorpsi maka dengan memperbesar konsentrasi logam Pb dan jumlah timbal yang teradsorpsi akan meningkat secara linear dengan memperoleh koefisien korelasi  $R^2 = 0,978$  dan  $y = 3,080x - 0,187$ .

Karbon aktif yang memiliki nilai daya serap iodium tertinggi yang digunakan untuk menyerap logam timbal cukup efektif karena  $R^2$  sudah mendekati satu [6].

Model isotherm Langmuir pada logam Cd dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Model Isotherm Langmuir Logam Cd

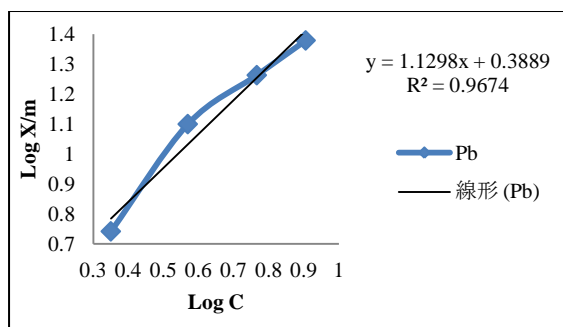
Jika situs aktif yang terdapat pada permukaan adsorben belum jenuh dengan zat teradsorpsi maka dengan memperbesar konsentrasi logam Cd dan jumlah kadmium yang teradsorpsi akan meningkat secara linear dengan memperoleh koefisien korelasi  $R^2 = 0,933$  dan  $y = 2,931x - 1,920$ .

Karbon aktif yang digunakan untuk menyerap logam kadmium ini tidak cukup efektif karena  $R^2$  masih cukup jauh dari satu [6].

Kesimpulan dari kajian ini bahwa penggunaan karbon aktif cangkang kelapa sawit yang diaktivasi dengan  $H_3PO_4$  yang digunakan untuk mengadsorpsi logam timbal dan kadmium menggunakan model isothermis Langmuir lebih sesuai digunakan untuk logam timbal karena koefisien korelasi lebih mendekati satu.

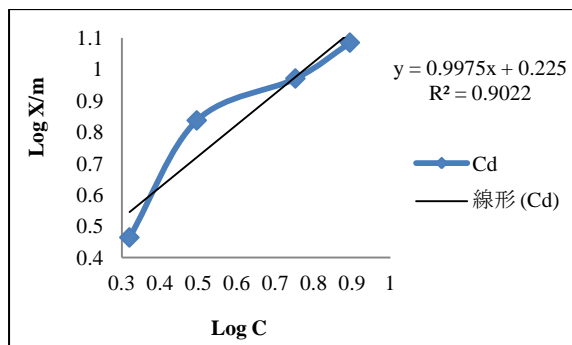
Isotermis Freundlich lebih akurat untuk adsorpsi logam berat. Dimana isothermis Freundlich merupakan kelanjutan dari isothermis Langmuir dengan adsorpsi fisika [2].

Persamaan isoterm adsorpsi Freundlich didasarkan atas terbentuknya lapisan monolayer dari molekul-molekul adsorbat pada permukaan adsorben. Namun pada adsorpsi Freundlich situs-situs aktif pada permukaan adsorben bersifat heterogen. Model isoterm Freundlich pada logam Pb dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Model Isoterm Freundlich Logam Pb

Model isoterm Freundlich pada logam Pb dapat dilihat pada gambar 7.



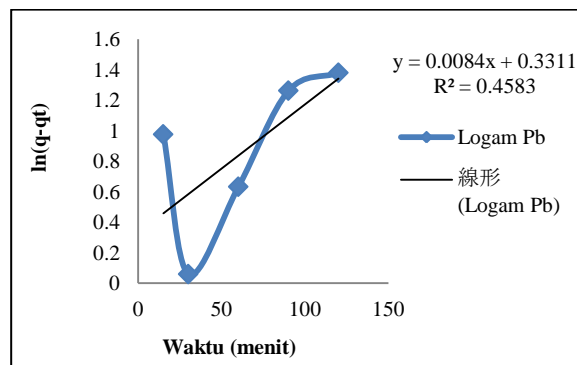
Gambar 7. Model Isoterm Freundlich Logam Pb

Koefisien korelasi logam timbal diperoleh  $R^2 = 0,967$  dan logam kadmium diperoleh  $R^2 = 0,902$ . Dari bahasan diatas model isothermis adsorpsi Freundlich lebih baik digunakan untuk menyerap logam timbal daripada kadmium karena koefisiensi korelasi ( $R^2$ ) mendekati nilai 1.

### Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi yang dipilih pada kajian ini adalah model pseudo order-satu dan pseudo order-dua. Pengujian model kesetimbangan dilakukan untuk menentukan model kesetimbangan yang sesuai digunakan pada suatu penelitian. Penentuan model kesetimbangan tergantung pada harga koefisien determinasi ( $R^2$ ). Model kesetimbangan yang cocok adalah model kesetimbangan dengan harga  $R^2$  yang lebih tinggi atau mendekati 1 [6].

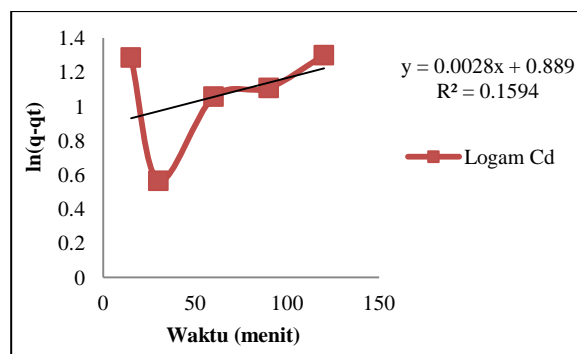
Model pseudo orde satu logam Pb dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Model Pseudo Orde Satu Logam Pb

Data adsorpsi kation Pb pada berbagai waktu dievaluasi untuk mendapatkan kinetika yang sesuai untuk sistem adsorpsi tersebut. Nilai koefisien korelasi  $R^2$  yang diperoleh sangat rendah yaitu 0,458 dan tidak dapat diterima, maka model kinetika pseudo order pertama tidak terpenuhi untuk sistem adsorpsi kation Pb.

Model pseudo orde satu logam Cd dapat dilihat pada gambar 9.

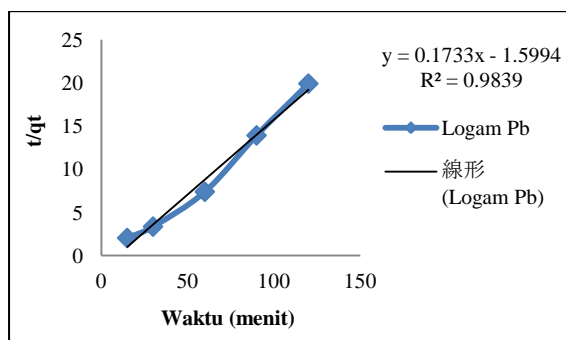


Gambar 9. Model Pseudo Orde Satu Logam Cd

Data adsorpsi kation Cd oleh cangkang kelapa sawit pada berbagai waktu dievaluasi untuk mendapatkan kinetika yang sesuai untuk sistem adsorpsi tersebut. Nilai koefisien korelasi  $R^2$  yang diperoleh sangat rendah yaitu 0,159 dan tidak dapat diterima, maka model kinetika pseudo order pertama tidak terpenuhi untuk sistem adsorpsi kation Cd.

Nilai koefisien korelasinya yang diperoleh masih jauh dari satu maka baik pada logam Pb maupun Cd model *pseudo* order satu tidak cocok digunakan.

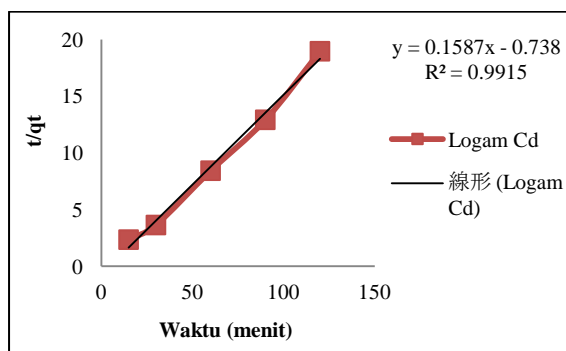
Model pseudo orde dua logam Pb dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Model Pseudo Orde Dua Logam Pb

Data adsorpsi kation Pb oleh cangkang kelapa sawit pada berbagai waktu dievaluasi untuk mendapatkan kinetika yang sesuai untuk sistem adsorpsi tersebut. Nilai koefisien korelasi  $R^2$  yang diperoleh cukup tinggi 0,983 dan sudah dapat diterima, maka model kinetika *pseudo* orde dua ini cocok untuk dijadikan sebagai model kinetika untuk sistem adsorpsi kation Pb.

Model pseudo orde dua logam Cd dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Model Pseudo Orde Dua Pada Logam Cd

Data adsorpsi kation Cd oleh cangkang kelapa sawit pada berbagai waktu dievaluasi untuk mendapatkan kinetika yang sesuai untuk sistem adsorpsi tersebut. Nilai koefisien korelasi  $R^2$  yang

diperoleh cukup tinggi 0,991 dan sudah dapat diterima, maka model kinetika *pseudo* orde dua ini cocok untuk dijadikan sebagai model kinetika untuk sistem adsorpsi kation Cd.

Koefisien korelasi yang diperoleh untuk logam timbal  $R^2 = 0,983$  dengan persamaan regresi linear  $y = 0,73x - 1,599$  dan logam kadmium  $R^2 = 0,991$  dengan persamaan  $y = 0,158x - 0,738$  sehingga untuk mengaplikasikannya sebagai adsorben di lapangan lebih baik digunakan sebagai penyerap logam kadmium dibandingkan logam timbal dalam limbah cair.

### Kesimpulan

1. Kondisi optimum penyerapan untuk Cd dan Pb dicapai pada konsentrasi 10 ppm dengan efisiensi penyerapan untuk ion logam Cd dan Pb masing-masing sebesar 68,7 % dan 62,9 %.
2. Waktu optimum penyerapan untuk Cd dan Pb dicapai pada konsentrasi 10 ppm adalah 40 menit dengan efisiensi penyerapan untuk ion logam Cd dan Pb masing-masing sebesar 84,61 % dan 80,13 %.
3. pH optimum penyerapan untuk Cd dan Pb dicapai pada konsentrasi 10 ppm dan waktu 40 menit adalah pH 3 dan 4 dengan efisiensi penyerapan untuk ion logam Cd dan Pb masing-masing sebesar 81,2 % dan 80,2 %.
4. Karbon aktif yang dihasilkan mampu menyerap logam Cd dan Pb masing-masing 84,61 % dan 80,13 %.
5. Kinetika adsorpsi pseudo order dua lebih sesuai digunakan untuk penggunaan karbon aktif berbahan baku cangkang kelapa sawit dengan aktivator  $H_3PO_4$  sebagai adsorben untuk menyerap logam limbah Pb dan Cd.

### Daftar Pustaka

- [1] Ash, B; Satapathy, D; Mukherjee, PS; Nanda, B; Gumaste, J L; Mishra, B K "Characterization and Application of Activated Carbon Prepared from Waster Coir Pith", *Journal of Scientific and Industrial*, 2006. Diakses 06 Maret 2012.
- [2] Bernasconi, G; Gerster, H; Hauser H, *Teknologi Kimia Bagian 2*, Edisi pertama, terjemahan Lienda Handojo, Pradnya Paramita (Jakarta), hal 204, 1995.
- [3] Darmono, *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*, UI Press, Jakarta, 2001.
- [4] Femi Earnestly, "The Use Of The Peel Of Mangosteen (*Garcinia Mangostana* L) As Biosorbent Of Pb(II), Ni(II), Cd(II), And Cr(VI) Ion", Department of Chemistry, Andalas University, Indonesia, 2007.

- [5] Gadad, G M , dan White C, *Removal of Thorium from Simulated Acid Process Streams by Fungal Biomass*, Biotechnology and Bioengineering, Vol 33 (5), hal 592-597, 1989.
- [6] Gueu,S ; Yao, B ; Audoby, K ; Ado, G, *Kinetics and Thermodynamic Study of Lead Adsorption on to Activated Carbons from Coconut and Seed Hull of the Palm Tree*, Journal Environ Sci Technology, 4 (1), hal 11-17, 2003.
- [7] Husni, H, *Studi Kinetika Adsorpsi Larutan Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan Karbon Aktif Dari Batang Pisang. Proceedings National Conference On Chemical Engeneering Sciences and Applications (CHESA)*, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, 2007.
- [8] Ketaren, S, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Edisi 1, Cetakan 1, Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), 1986.
- [9] Kundari, N A; Slamet Wiyuniati, *Tinjauan Kesetimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeoli*, Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir, hal 320-327, 2008.
- [10] Kurniaty, N, *Kesetimbangan Adsorpsi Residu Minyak dari Limbah Cair Pabrik Minyak Sawit (Pome) Menggunakan Gambut Aktif*. Skripsi, Teknik Kimia, Fakultas Teknik UR, Pekanbaru, 2008.
- [11] Lanouette, Kenneth, H, *Removal Heavy Metal from Waste Water*, Environ Science Technol, 6 : hal 518-521. 1972.
- [12] Murthy, Ramachandra ; Narayan Surya, *Preparation of Carbonaceous Heavy Metal Adsorbent from Shorea Robusta Leaf Litter Using Phosphoric Acid Impregnation*, International Journal of Environmental Sciences, 2010. Diakses 26 April 2012.
- [13] Nwabanne, J T ; Igbokwe P K, *Preparation of Activated Carbon from Nipa Palm Nut: Influence of Preparation Condition*, Research Journal of Chemical Sciences, Vol 1(6), 53-58, 2011.
- [14] Onrizal, *Restorasi Lahan Terkontaminasi Logam Berat*, <http://onrizal.wordpress.com/>, 2005. Diakses 20 September 2011.
- [15] Oscik, J, *Adsorption*, Jhon wiley & sons, Inc, New York, 1982.
- [16] Sembiring, M T, *Arang Aktif*, Makalah, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, 2003.
- [17] Yoshimi, M , *Selamatkan Lingkungan Hidup*, JICA, Jakarta, 1999.