

# KINETIKA ADSORPSI Pb (II) DENGAN ADSORBEN ARANG AKTIF DARI SABUT SIWALAN

## KINETICS ADSORPTION OF Pb(II) BY SIWALAN FIBER ACTIVATED CARBON

Rohmatun Nafi'ah<sup>1</sup>

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik arang aktif sabut siwalan sebagai adsorben, pengaruh pH dan waktu interaksi terhadap kemampuan adsorpsi Pb(II), model adsorpsi isoterm yang sesuai untuk adsorpsi Pb(II), serta menentukan parameter kinetika (orde reaksi dan nilai k) adsorpsi Pb(II) dengan arang aktif sabut siwalan. Sabut siwalan dikalsinasi 300°C selama 1 jam, kemudian diaktivasi dengan ZnCl<sub>2</sub>. Karakterisasi arang aktif sabut siwalan menggunakan Spektroskopi IR, SEM dan untuk mengukur kation menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom. Penentuan pengaruh penambahan arang aktif sabut siwalan terhadap adsorpsi Pb(II) pada berbagai variasi waktu yaitu 30, 60, 90, dan 120 menit. Hasil penelitian tahap pertama menunjukkan bahwa kandungan air dan abu pada arang aktif sabut siwalan secara berturut-turut adalah 0,13 % dan 32,10 %. Penelitian tahap kedua menunjukkan variasi waktu interaksi berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi Pb(II), waktu kontak optimum pada menit ke-30 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,083 mg/g. Hasil penelitian tahap ketiga menunjukkan adsorpsi arang aktif sabut siwalan terhadap Pb(II) mengikuti model isoterm Langmuir dengan koefisien determinasi R<sup>2</sup> = 0,945. Kinetika reaksi Pb(II) sesuai dengan orde satu dengan nilai k 0,018 min<sup>-1</sup> dan nilai q<sub>e</sub> (teoritis) sebesar 0,056 mg/g.

**Kata kunci :** Adsorpsi, Pb(II), Arang aktif, Sabut siwalan

### Abstract

*This research has purpose to know the characteristic of siwalan fiber activated carbon as adsorbent, the effect of pH and interaction time to adsorption ability of Pb(II), isotherm adsorption model which is appropriate for Pb(II) adsorption, and determine the kinetic parameters (reaction order and k value) siwalan fiber activated carbon to Pb(II) adsorption. Siwalan fiber calcined at 300 °C for 1 h, and then activated with ZnCl<sub>2</sub>. Characterizations the siwalan fiber activated carbon was done by infrared spectroscopy and Scanning Electron Microscopy (SEM), while the amount of adsorbed kation was measured by atomic absorption spectroscopy method. The determination of influence by adding siwalan fiber activated carbon to Pb(II) adsorption at the various time such as 30, 60, 90, and 120 minutes. The result of this research in the first step show that moisture and ash content on the siwalan fiber activated carbon respectively is 0.13 % and 32.10 %. The second step has shown that time variation of interaction affect on adsorption ability of Pb(II), optimum interaction time at 30th minutes with adsorption capacity 0.083 mg/g. The result of the third step has shown that siwalan fiber activated carbon to Pb(II) adsorption according to the Langmuir isotherm model with determination coefficient R<sup>2</sup> = 0,945. Reaction kinetics of Pb(II) is in accordance with the order 1, the k values is 0.018 min<sup>-1</sup> and the q<sub>e</sub> values is 0.056 mg/g.*

**Keywords :** Adsorption, Pb (II), Activated carbon, Siwalan fiber

<sup>1</sup> Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Semarang

## PENDAHULUAN

Arang aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi (Chand dkk, 2005). Beberapa limbah hasil pertanian seperti jerami padi, jerami gandum, kulit kacang, bambu dan serabut kelapa dapat dimanfaatkan menjadi produk karbon aktif dan telah dikaji secara mendalam dengan berbagai prosedur yang berbeda (Yalcin, 2000; Lartey, 1999; Baksi dkk., 2003).

Pemilihan jenis aktivator akan berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif. Beberapa jenis senyawa kimia yang sering digunakan dalam industri pembuatan karbon aktif adalah  $ZnCl_2$ , KOH, dan  $H_2SO_4$  (Sembiring, 2003; Yalcin, 2000). Unsur-unsur mineral dari persenyawaan kimia yang ditambahkan tersebut akan meresap ke dalam arang dan membuka permukaan yang semula tertutup oleh komponen kimia sehingga volume dan diameter pori bertambah besar (Michael, 1995).

Sampai saat ini pemanfaatan tanaman siwalan hanya terbatas pada buah dan batangnya saja, sedangkan sabut atau kulitnya merupakan limbah yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Pada kondisi kering komposisi sabut ini mengandung 89,2% selulosa, 5,4% air, 3,1% karbohidrat, dan 2,3% abu (Sembiring, dkk., 2003). Karena kandungan selulosa tersebut maka sabut siwalan dapat digunakan sebagai bahan pembuatan arang aktif untuk menyerap logam-logam berat. Selulosa merupakan komponen penting untuk proses adsorpsi (Herry, dkk., 2004). Oleh karena itu sabut siwalan sebagai sumber arang dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif dengan cara aktivasi kimia dengan menggunakan  $ZnCl_2$  untuk meningkatkan nilai ekonomisnya. Selain itu, juga merupakan solusi untuk mengurangi dampak lingkungan.

Adsorpsi adalah salah satu alternatif untuk mengatasi pencemaran udara. Langkah awal untuk mendapatkan proses adsorpsi yang efektif adalah dengan cara memilih adsorben yang memiliki selektivitas dan kapasitas tinggi serta dapat digunakan berulang ulang. Salah satu adsorben yang sering digunakan adalah arang

aktif (Holle, dkk., 2013).

Logam Pb(II) merupakan salah satu logam berat yang cukup berbahaya. Masuknya Pb ke dalam tubuh manusia melalui air minum, makanan atau udara dapat menyebabkan gangguan pada organ seperti gangguan neurologi (syaraf), ginjal, sistem reproduksi, sistem hemopoitik serta sistem syaraf pusat (otak) terutama pada anak yang dapat menurunkan tingkat kecerdasan (Widowati, 2008).

Proses adsorpsi cairan pada permukaan padatan dapat dipelajari melalui beberapa model isotermis yaitu fungsi yang menghubungkan jumlah adsorbat pada permukaan adsorben dengan konsentrasi. Isoterm adsorpsi membantu untuk menetapkan kapasitas adsorpsi dari material dan selanjutnya membantu untuk mengevaluasi mekanisme yang ditunjukkan oleh sistem adsorpsi. Model isotermis yang umum digunakan diantaranya isoterm Langmuir dan Freundlich. Isoterm Langmuir berasumsi bahwa adsorpsi berlangsung pada situs spesifik yang homogen dengan hanya sejenis molekul menempati satu situs (monolayer). Sedangkan model Freundlich menjelaskan bahwa permukaan adsorben yang heterogen memiliki situs adsorpsi dengan energi ikatan yang berbeda (Manohar dkk., 2006 dan Shahwan dkk., 2006). Pada penelitian Rahmawati dan Yuanita (2013) tentang adsorpsi arang aktif dari sabut siwalan tetapi hanya sampai kajian adsorpsi, tidak menentukan kinetika adsorpsi.

Kinetika adsorpsi merupakan salah satu aspek yang sering diteliti untuk mengevaluasi karakteristik dari adsorben yang dipakai terutama dalam rehabilitasi lingkungan. Ada banyak model kinetika adsorpsi yang telah dikembangkan untuk dapat digunakan sebagai sarana memprediksi laju adsorpsi suatu adsorbat pada adsorben tertentu. Beberapa model yang telah dikaji oleh Lagergren (1989) dan Ho (2000) yaitu (1) persamaan laju order pertama pseudo Lagergren, (2) persamaan laju order kedua pseudo Ho.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang aktif sabut siwalan,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , serbuk  $\text{ZnCl}_2$ , akuades dan akuabides.

### Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas kimia, labu ukur, pipet ukur, shaker, eksikator, kertas saring Whatman No. 42, gelas ukur, ayakan 100 mesh, neraca analitik, oven, tanur, pipet tetes, kaca arloji, kurs, corong, botol film, dan Spektrometri Serapan Atom (SSA).

### Prosedur Kerja

#### Pembuatan Arang Aktif Sabut Siwalan

##### Dehidrasi

Menjemur sabut siwalan di bawah sinar matahari agar kandungan air yang berada dalam sabut siwalan tersebut dapat dihilangkan sehingga tidak mengganggu proses pembuatan arang aktif.

##### Karbonisasi

Pembentukan arang dari bahan baku 1 kg sabut siwalan ditimbang dan ditempatkan pada sebuah wadah tertutup, kemudian dipanaskan dalam tanur pada suhu  $300\text{ }^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Arang yang diperoleh didinginkan, digiling dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh.

##### Aktivasi

Proses perendaman menggunakan zat aktivator. Pada penelitian ini zat aktivator yang digunakan adalah  $\text{ZnCl}_2$ . Sebanyak 50 gram arang direndam dalam 500 mL larutan  $\text{ZnCl}_2$  9% selama 1 jam. Arang aktif yang dihasilkan dicuci dengan akuades untuk menghilangkan pengotor. Kemudian dikeringkan dengan pemanasan dalam oven pada suhu  $105\text{ }^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Arang aktif siap digunakan untuk proses adsorpsi.

#### Pengujian (Karakterisasi) Arang Aktif

##### Kadar Air

Sebanyak 1 gram arang aktif ditimbang dan dimasukkan ke dalam kaca arloji yang telah diketahui beratnya. Kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu  $105\text{ }^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Setelah itu, didinginkan dalam eksikator dan

selanjutnya ditimbang sampai berat tetap.

##### Kadar Abu

Sebanyak 1 gram arang aktif ditimbang dan dimasukkan ke dalam kurs yang telah diketahui beratnya. Kemudian ditempatkan dalam tanur listrik pada suhu  $600\text{ }^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Setelah itu didinginkan dalam desikator selama satu jam dan selanjutnya ditimbang sampai berat tetap.

##### Pengamatan Bentuk Permukaan Arang Aktif

Pengamatan dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui topografi permukaan arang aktif dan ukuran pori yang terdapat pada arang aktif sabut siwalan.

#### Kajian Adsorpsi

##### Pengaruh pH medium

Sebanyak 0,5 g arang aktif ke dalam Erlenmeyer yang berisi 25 mL larutan logam dengan konsentrasi tertentu pada pH 2, 3, 4, 5, dan 6. Campuran dikocok selama waktu 1 jam pada temperatur kamar, kemudian disaring dengan kertas whatman 42 dan diukur. Kandungan logam Pb yang dalam larutan sebelum dan sesudah adsorpsi dianalisis dengan AAS.

##### Pengaruh Waktu Kontak

Sebanyak 0,5 g arang aktif ke dalam Erlenmeyer yang berisi 25 mL larutan logam dengan konsentrasi optimum pada pH optimum. Campuran dikocok dengan variasi waktu yang berbeda-beda yaitu selama 30, 60, 90, dan 120 menit. Pada waktu yang telah ditetapkan, sampel diambil dari salah satu botol kemudian disaring dengan kertas whatman 42 dan diukur. Kandungan logam Pb yang dalam larutan sebelum dan sesudah adsorpsi dianalisis dengan AAS.

##### Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Sebanyak 0,5 g arang aktif ke dalam Erlenmeyer yang berisi 25 mL larutan logam pada temperatur kamar, pH optimum, waktu optimum dengan variasi konsentrasi, yaitu 10, 25, 50, 75 dan 100 ppm. Campuran dikocok kemudian disaring dengan kertas whatman 42 dan diukur. Kandungan logam Pb yang dalam larutan sebelum dan sesudah adsorpsi dianalisis

dengan AAS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data penelitian diperoleh dari beberapa tahap yang meliputi: pembuatan arang aktif sabut siwalan, karakteristik arang aktif sabut siwalan, pengaruh pH optimum, pengaruh waktu interaksi optimum, penentuan jenis adsorpsi isotherm dan penentuan jenis kinetika adsorpsi.

### Karakteristik Arang Aktif Sabut Siwalan

#### Kadar Air

Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis arang aktif. Kadar air arang aktif sabut siwalan yang dihasilkan rata-rata 0,13%. Kadar air dari sampel diharapkan mempunyai nilai rendah karena kadar air yang tinggi akan mengurangi daya jerap arang aktif terhadap gas maupun cairan gas.

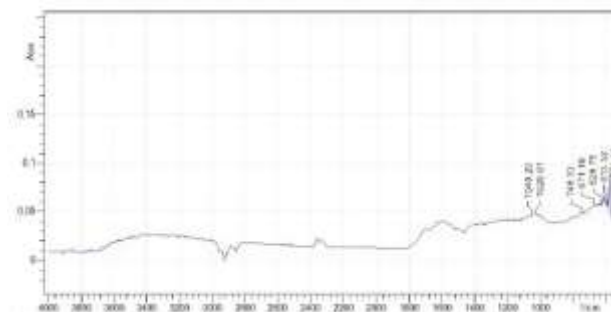
#### Kadar Abu

Kadar abu arang aktif merupakan sisa mineral yang tertinggal ketika karbonisasi, karena komponen senyawa penyusun bahan dasar arang aktif tidak hanya terdiri dari karbon saja tetapi juga mengandung mineral-mineral lain diantaranya kalium, natrium, magnesium, kalsium. Kadar abu arang aktif sabut siwalan yang dihasilkan rata-rata 32,10 %. Hal ini menunjukkan bahwa arang aktif sabut siwalan belum memenuhi syarat mutu SNI No. 06-3730-95 yaitu kurang dari 10%. Besarnya kadar abu ini disebabkan terjadinya oksidasi karbon lebih lanjut terutama dari partikel yang sangat halus sehingga akan mempengaruhi arang aktif yang akan dibuat.

### Karakterisasi dengan FTIR

Gugus fungsi arang aktif sabut siwalan dianalisis menggunakan FTIR. Spektrum FTIR arang aktif sabut siwalan pada Gambar 1 mempunyai pita serapan pada bilangan gelombang  $2855\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi C-H regangan dari gugus metil ( $\text{CH}_3$ ) dan metilen ( $\text{CH}_2$ ) dan  $1029\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi C-O dari OH sekunder. Serapan baru pada  $748\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan C-H aromatik. Arang aktif yang dihasilkan memiliki pola serapan dengan jenis ikatan OH, C-H, C-O, dan

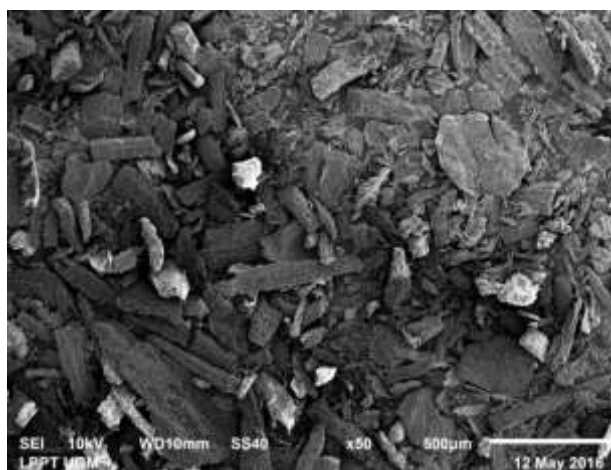
C=C. Adanya ikatan OH dan C-O menunjukkan bahwa arang aktif yang dihasilkan cenderung bersifat lebih polar. Dengan demikian arang aktif yang dihasilkan dapat digunakan sebagai adsorben.



Gambar 1. Hasil analisis FTIR arang sabut siwalan setelah aktivasi

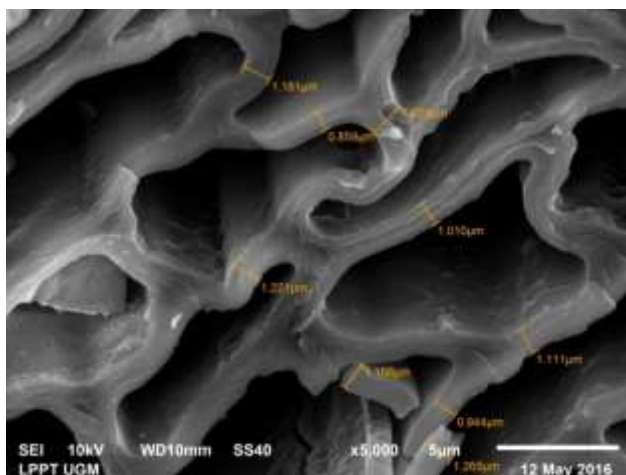
### Karakterisasi dengan SEM

Permukaan arang aktif dapat dilihat menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui morfologi meliputi bentuk dan ukuran dari pori arang aktif. Selain itu analisis SEM digunakan untuk mengetahui topografi arang aktif meliputi analisis permukaan dan tekstur arang aktif yang terbentuk.



Gambar 2. Hasil analisis SEM arang sabut siwalan sebelum aktivasi





Gambar 3. Hasil analisis SEM arang sabut siwalan setelah aktivasi

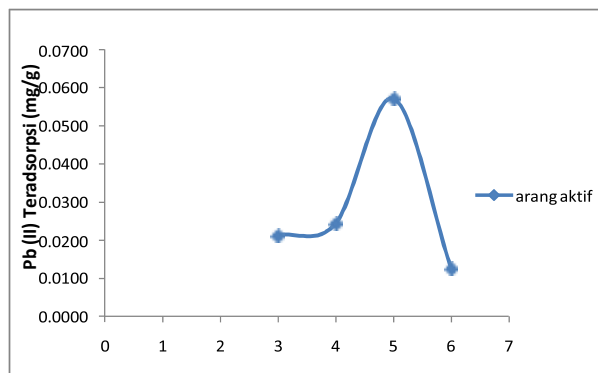
Hasil analisis SEM dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Perlakuan panas yang dialami sabut siwalan pada proses karbonisasi menyebabkan senyawa-senyawa tersebut terurai dan menghasilkan tiga komponen utama yaitu karbon (arang), tar, dan gas (*volatile matter*). Hasil pengamatan SEM pada sabut siwalan sebelum aktivasi yang ditunjukkan Gambar 2 mempunyai ukuran partikel yang tidak seragam. Hal ini disebabkan oleh proses pengayakan dengan ukuran mesh yang tidak selektif dan tidak homogen. Selain itu sabut siwalan belum teraktivasi oleh  $ZnCl_2$  sehingga bentuk permukaan masih terikat rapat satu sama lain yang menyebabkan morfologi dan topografi arang tidak membentuk pori.

Pengamatan SEM sabut siwalan setelah aktivasi yang ditunjukkan pada Gambar 3 permukaan pori semakin terbuka yang tersebar di permukaan dan dinding rongga arang aktif sabut siwalan. Rongga dan pori-pori ini terbentuk karena pengaruh panas saat proses karbonisasi yang menyebabkan terjadinya proses penguraian senyawa organik pada sabut siwalan. Bentuk permukaan dari arang sudah terlihat homogen, karena telah mengalami aktivasi oleh  $ZnCl_2$ .

### Pengaruh pH medium

Kondisi pH yang semakin tinggi, menyebabkan penurunan kapasitas adsorpsi. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 4. pH yang tinggi dapat menyebabkan reaksi antara  $Pb^{2+}$

dengan  $OH^-$ , sehingga membentuk endapan  $Pb(OH)_2$ . Endapan ini akan menghalangi proses adsorpsi yang berlangsung. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pH optimum dicapai pada 5.00.



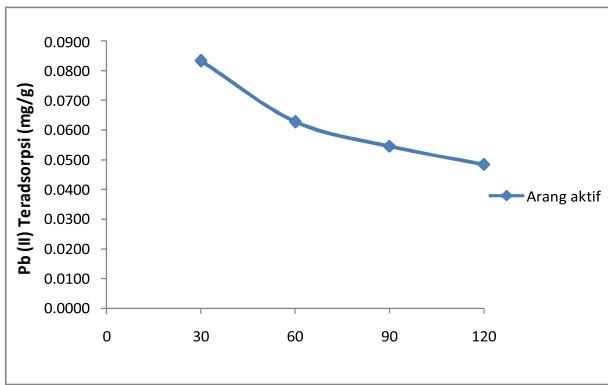
Gambar 4. Grafik pengaruh pH medium terhadap adsorpsi Pb(II)

### Pengaruh waktu kontak

Waktu interaksi yang cukup diperlukan arang aktif agar dapat mengadsorpsi logam secara optimal. Semakin lama waktu interaksi, maka semakin banyak logam yang teradsorpsi karena semakin banyak kesempatan partikel arang aktif untuk bersinggungan dengan logam. Hal ini menyebabkan semakin banyak logam yang terikat

di dalam pori-pori arang aktif. Tetapi apabila adsorbennya sudah jenuh, waktu interaksi tidak lagi berpengaruh.

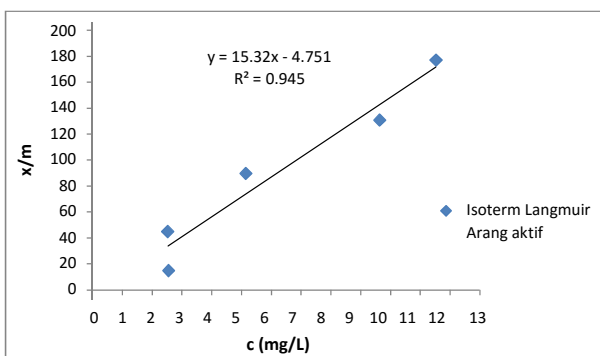
Pengaruh waktu interaksi terhadap kapasitas adsorpsi ion  $Pb(II)$  disajikan pada Gambar 5. Adsorpsi arang aktif sabut siwalan terhadap ion  $Pb(II)$  menunjukkan kenaikan yang relatif besar pada waktu interaksi 30 menit, setelah diatas 30 menit sedikit mengalami penurunan karena desorpsi. Waktu interaksi optimum terjadi pada menit ke-30, yang menunjukkan banyaknya ion  $Pb(II)$  teradsorpsi per gram adsorben arang aktif sabut siwalan dengan nilai  $Q$  sebesar 0,083 mg/g. Pada penelitian Rahmawati dan Yuanita (2013) tentang adsorpsi arang aktif dari sabut siwalan pada variasi waktu kontak diperoleh waktu kontak optimum pada menit ke 150 dengan nilai  $Q$  sebesar 0,021 mg/g.



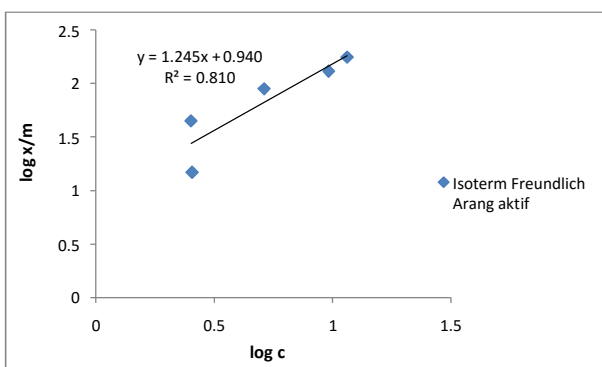
Gambar 5. Grafik pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi Pb(II)

### Isoterm Adsorpsi

Tipe isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk mengetahui mekanisme adsorpsi arang aktif sabut siwalan terhadap ion Pb(II). Adsorpsi fase padat cair biasanya menganut tipe isoterm Freundlich dan Langmuir (Atkins, 1999). Ikatan yang terjadi antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben dapat terjadi secara fisisorpsi dan kimisorpsi.



Gambar 6. Isoterm Langmuir adsorpsi arang aktif sabut siwalan terhadap ion Pb(II)



Gambar 7. Isoterm Freundlich adsorpsi arang aktif sabut siwalan terhadap ion Pb (II)

Isoterm adsorpsi arang aktif sabut siwalan terhadap ion Pb(II) tipe Langmuir dan Freundlich diperlihatkan pada Gambar 6 dan 7. Linieritas kedua tipe isoterm pada adsorpsi tersebut menunjukkan linieritas yang tinggi, yaitu  $R^2 = 0,945$  untuk isoterm Langmuir dan  $R^2 = 0,810$  untuk isoterm Freundlich. Penentuan penggunaan model isoterm adsorpsi yang sesuai untuk arang aktif sabut siwalan terhadap ion Pb(II) dapat diketahui dengan melihat koefisien korelasi ( $R^2$ ) yang mendekati nilai 1. Berdasarkan perbandingan dari kedua tipe isoterm adsorpsi tersebut linieritas isoterm adsorpsi tipe Langmuir lebih mendekati nilai 1 dibandingkan dengan isoterm Freundlich. Dengan demikian kemungkinan adsorpsi bersifat kimia yang terjadi pada lapisan tunggal (monolayer) dengan membentuk ikatan kovalen koordinasi antara ion Pb(II) dengan gugus hidroksil (-OH). Oleh karena itu, isoterm tipe Langmuir lebih baik digunakan untuk mencirikan mekanisme adsorpsi arang aktif sabut siwalan terhadap ion Pb(II).

### Kajian kinetika adsorpsi

Kinetika adsorpsi ion Pb(II) oleh arang aktif sabut siwalan dievaluasi berdasarkan persamaan reaksi pseudo orde satu lageregren dan pseudo orde dua pada variasi waktu kontak mulai 30 sampai 120 menit diperoleh  $q$  hasil percobaan sebesar 0,083 mg/g. Hasil penelitian disajikan pada Tabel 1.

Kinetika orde satu diperoleh dari  $\ln(q_e - q_t)$  versus  $t$ , persamaan garis linieritasnya  $y = 0,018x - 2,875$ , dengan  $R^2 = 0,928$ . Dari persamaan tersebut dapat diketahui nilai slope dan gradiennya adalah 0,018 dengan intersep 2,875. Berdasarkan persamaan garis tersebut dapat diketahui nilai  $k_1$  yaitu 0,018  $\text{min}^{-1}$  dan nilai  $q_e$  persamaan tersebut ( $q_e$  teoritis) sebesar 0,056 mg/g.

Kinetika orde dua diperoleh dari  $t/q_t$  versus  $t$ , persamaan garis linieritasnya yaitu  $y = -3,831x + 130,5$ , dengan  $R^2 = 0,860$ . Dari persamaan tersebut dapat diketahui nilai slope dan gradiennya adalah 3,831 dengan intersep 130,5. Jika dilihat persamaan garis linier ( $y = mx + b$ ) terhadap persamaan model kinetika reaksi orde dua maka nilai  $m = 1/q_e$ , dan  $b = 1/(k_2 q_e^2)$ ,

sehingga nilai  $k_2$  dapat diketahui sebesar 0,112 g/mg.min dan  $q_e$  persamaan tersebut ( $q_e$  teoritis) sebesar 0,261 mg/g.

**Tabel 1. Parameter kinetika adsorpsi orde satu dan orde dua**

kinetika orde satu			kinetika orde dua		
$q_1$	$k_1$	$R^2$	$q_2$	$k_2$	$R^2$
(mg/g)	(min <sup>-1</sup> )		(mg/g)	(g/mg.min)	
0,056	0,018	0,928	0,261	0,112	0,860

Data pada Tabel 1 diperoleh nilai  $R^2$  yang terbesar dan mendekati 1 pada reaksi orde satu, selain itu nilai  $q_e$  teoritis dari orde satu yang paling mendekati nilai  $q_e$  hasil percobaan. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi ion Pb(II) oleh arang aktif sabut siwalan mengikuti model kinetika orde satu.

## KESIMPULAN

1. Karakterisasi arang aktif menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang ada dalam arang aktif, serta analisis SEM untuk mengetahui morfologi meliputi bentuk dan ukuran dari pori arang aktif.
2. pH optimum adsorpsi Pb(II) dengan adsorben arang aktif dari sabut siwalan yaitu pada pH 5. Waktu kontak optimum adsorpsi Pb(II) oleh arang aktif sabut siwalan yaitu pada waktu 30 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,083 mg/g.
3. Adsorpsi Pb(II) dengan arang aktif dari sabut siwalan sesuai dengan model isotherm adsorpsi Langmuir  $R^2 = 0,945$ . Dengan demikian kemungkinan adsorpsi bersifat kimia yang terjadi pada lapisan tunggal (monolayer) dengan membentuk ikatan kovalen koordinasi antara ion Pb(II) dengan gugus hidroksil (-OH).
4. Kinetika adsorpsi Pb(II) dengan arang aktif dari sabut siwalan sesuai dengan kinetika reaksi orde satu dengan nilai  $k_1$  yaitu 0,018 min<sup>-1</sup> dan nilai  $q_e$  (teoritis) sebesar 0,056 mg/g mendekati  $q_e$  hasil percobaan.

## DAFTAR ACUAN

Atkins, P.W. 1999. *Kimia Fisika*. Jakarta: Erlangga.  
Chand B., Roop dan Meenakshi G. 2005. "Activated

Carbon Adsorption", *Lewis Publisher, United States of America*.

- Baksi S., Soumitra B., dan Mahajan S. 2003. "Activated Carbon from Bamboo - Technology Development towards Commercialisation", Department of Chemical Engineering of IIT, Bombay.
- Ho, Y.S., Mc Kay, G., Wase, DAJ, and Foster, CF., 2000, Study of the Sorption of Divalent Metal Ions onto Peat, *J. Adsorp. Sci. Technol.*, 18, 639-650.
- Lagergren, S., 1989, Zur Theorie der Sogenannten Adsorption Geloster Stoffe. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens, Handlingar*, 24, 1-39.
- Lartey, R.B. dan Francis A., (1999), "Developing National Capability For Manufacture Of Activated Carbon From Agricultural Wastes", Institute Of Industrial Research, Csi, Ghana. Published In The Ghana Engineer.
- Manohar, D. M. NoeHne, B. F. dan Anirudhan. T. S. 2006. adsorption performance of A l-pillared bentonite clay for the removal of cobalt(II) from Aqueous phase, *applied clay science*, 31: 194-206.
- Michael R., Glenn. 1995. "Activated Carbon Applications in the Food and Pharmaceutical Industries". *Lewis Publisher* . United States of America.
- Purnama, Herry dan Setiati. 2004. Adsorpsi Limbah Tekstil Sintesis dengan Jerami Padi. Surakarta: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNS. *Jurnal Teknik Gelagar*. Vol.15, No.1, April 2004: 1-9.
- Rahmawati E. dan Yuanita L. 2013. Adsorpsi Pb<sup>2+</sup> Oleh Arang Aktif Sabut Siwalan. *UNESA. Journal of Chemistry*. Vol. 2 , No. 3.
- Sembiring, Meiliata Tryana dan Tuti Sarma, S. 2003. "Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)". *USU Digital Library*. Indonesia, hal 1-9.
- Shahwan, T., Erten, H.N., & Unugur, S. 2006. Priority Communication: A2+ Characterization Study of some Aspect of the Adsorption of Aqueous Co Ions on Natural Bentonite Clay, *Journal of Colloid And Interface*

*Science*, 300, pp. 447-452.

Widowati W., Sastiono A. & Jusuf R. 2008. *Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.

Yalcin N., Sevinc V. 2000. *“Studies of the Surface Area and Porosity of Activated Carbons*

*Prepared from Rice Husks”*, Sakarya University, Art and Sciences Faculty, Chemistry Department, Serdivan, Sakarya, Turkey. Reprinted With Ghie Permission By The African Technology Forum.





