

KAJIAN KEMAMPUAN ADSORPSI BATANG JAGUNG (*Zea mays.*) TERHADAP ION LOGAM KADMIUM (Cd^{2+})

Bode Haryanto, Firmanto Panjaitan, Herman Haloho, Rifai Rawa, Muhammad Ridho

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Jl. Almamater Kampus USU, Medan, 20155, Indonesia
haryanto_bode@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi batang jagung dengan variasi bentuk dalam menyerap ion logam besi (Cd^{2+}) 50 ppm pada larutan dengan pH 4,5. Batang jagung yang digunakan dibentuk berupa bulat, $\frac{1}{2}$ bulat, $\frac{1}{4}$ bulat, 50 mesh, dan 70 mesh. Variasi kecepatan yang digunakan adalah 150, 220, dan 250 rpm. Penelitian ini terbagi menjadi 2 tahap, yaitu perlakuan awal dengan melakukan pencucian dan pengeringan hingga kondisi yang seragam. Tahap kedua adalah pengukuran potensi kapasitas adsorpsi dengan *system batch adsorption* dan pemodelan kinetika adsorpsi. Variasi bentuk batang jagung mempengaruhi kemampuan adsorpsi dengan kenaikan dari 60,89%, 67,45%, 79,95%, 80,75% hingga 85,00% untuk bentuk bulat, $\frac{1}{2}$ bulat, $\frac{1}{4}$ bulat, 50 mesh dan 70 mesh secara berurut. Pengaruh variasi pengadukan juga mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi namun tidak terlalu besar. Model kinetika adsorpsi mengindikasikan adsorpsi terjadi secara kimia. Kemampuan adsorpsi ini menunjukkan bahwa batang jagung memiliki potensi sebagai adsorben dalam menyerap ion logam dalam larutan.

Katakunci-adsorpsi, batang jagung, ion kadmium Cd^{2+} , kapasitas adsorpsi

PENDAHULUAN

Pencemaran terhadap lingkungan hidup berhubungan dengan penggunaan logam berat oleh industri, terutama saat membuang limbahnya ke lingkungan (Asghari dan Mohammadi, 2013; Akpomie dan Dawodu, 2015). Limbah yang paling banyak mengandung logam berat pada umumnya berasal dari industri kimia (Sangiumsak dan Punrattanasin, 2014). Penyebab utama logam berat berbahaya bagi lingkungan adalah karena sifatnya yang tidak dapat didegradasi (*non-biodegradable*) oleh organisme hidup yang ada di lingkungan (Damayanti, Rahman, Suprin, 2012). Logam berat tersebut memiliki potensi merusak sistem fisiologi dan biologis manusia, jika melewati batas toleransi yang menimbulkan berbagai penyakit (Akpomie dan Dawodu, 2015; Liu., Wang., Liu., Wang., Sun, 2013).

Akibatnya, logam-logam tersebut terakumulasi di lingkungan terutama membentuk senyawa kompleks dengan bahan organik dan anorganik dalam ekosistem perairan (Kampalananwat dan Supaphol, 2014). Pada umumnya pencemaran tersebut berada pada sistem perairan dan tanah. Pemurnian air adalah salah satu cara terbaik untuk membantu mengatasi masalah tersebut (Singhal., Agarwal., Bahukhandi., Sharma., Singhal, 2014). Dari beberapa proses pemurnian air dari logam berat, proses adsorpsi lebih efisien dan lebih murah dibandingkan teknologi penjerapan logam berat lainnya (Liu., Wang., Borthwick., Wang., Yin., Li., Ni, 2013) seperti: koagulasi dan presipitasi kimia, elektroflotasi (Da Mota., De Castro., De Goes, 2014; Liu., Wang., Borthwick., Yanqi., Yin., Li., Ni, 2013), pertukaran ion, dan pemisahan membran (Mahmoudkhani., Torabian., Hassani., Mahmoudkhani, 2014).

Menyadari dampak logam berat terhadap lingkungan dan makhluk hidup, termasuk manusia begitu besar, maka tidak heran studi terhadap logam berat telah dikembangkan oleh berbagai peneliti, untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap kehidupan (Da Mota., De Castro., De Goes, 2014; Liu., Wang., Borthwick., Yanqi., Yin., Li., Ni, 2013). Survei literatur mengungkapkan bahwa beberapa jenis bahan alam telah digunakan sebagai bahan adsorpsi dalam beberapa tahun terakhir yang memiliki banyak aplikasi industri dan lingkungan (Abid dan Ayadi, 2011). Sejumlah teknik yang tersedia untuk memurnikan air menggunakan bahan alam telah menarik perhatian karena efektivitas dan sifat ramah lingkungan. Batang jagung memiliki potensi yang baik untuk digunakan sebagai bioadsorben, karena keberadaannya di lingkungan berlimpah dan belum dimanfaatkan dengan baik (Naushad, 2014).

Adsorben adalah zat padat yang dapat menyerap partikel fluida dalam suatu proses adsorpsi (Fonseca., Figueiredo., Rodrigues., Queiroz., Tavares, 2011). Adsorben dapat dibagi dua yaitu material

anorganik seperti: pasir (Fonseca., Figueiredo., Rodrigues., Queiroz., Tavares, 2011; Haryanto and Chang, 2014; 15), zeolit (Montoya., Perez-Cruz., Mendoza., Moreno-Virgen, 2013) dan organik seperti karbon (Liu., Wang., Liu., Wang., Sun, 2013), polimer (Kampalanonwat dan Supaphol, 2014; Liu., Wang., Borthwick., Yanqi., Yin., Li., Ni, 2013), *biomass* ((Miao dan Zhang, 2012; Song., Gao., Zhang., Xu., Huang., Yu., Yue, 2015). Sejumlah studi mengenai adsorpsi logam berat umumnya menggunakan sistem *batch* (Fonseca., Figueiredo., Rodrigues., Queiroz., Tavares, 2011; Hosain., Ngo., Guo., Nghiem., Hai., Vigneswaran., Nguyen, 2014; Karnib., Kabbani., Holail., Olama, 2014; Vafakhah., Bahrololoom., Bazarganlari., Saeedikhani, 2014). Kemampuan suatu adsorben dapat dikaji dari beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi yaitu pH, suhu, konsentrasi dan waktu kontak (Liu., Wang., Liu., Wang., Sun, 2013; Hosain., Ngo., Guo., Nghiem., Hai., Vigneswaran., Nguyen, 2014; Vafakhah., Bahrololoom., Bazarganlari., Saeedikhani, 2014; Abid dan Ayadi, 2011; Arshadi., Amiri., Mousavi, 2014; Mori., Sekine., Hara., Nakarai., Suzuki., Kuge., Kobayashi., Arai., Itabashi, 2013).

Untuk mengukur kapasitas adsorpsi, dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m_{ads}} \dots\dots\dots(1)$$

(Liu., Wang., Borthwick., Yanqi., Yin., Li., Ni, 2013; Liu., Wang., Liu., Wang., Sun, 2013; Vafakhah., Bahrololoom., Bazarganlari., Saeedikhani, 2014; Arshadi., Amiri., Mousavi, 2014; Liuchun., Dang., Zhu., Yi, 2010; Liuchun., Zhi., Xiaoyun., Hui, 2010).

$$q_t = \frac{(C_0 - C_t)V}{m_{ads}} \dots\dots\dots(2)$$

(Liu., Wang., Borthwick., Yanqi., Yin., Li., Ni, 2013; Liu., Wang., Liu., Wang., Sun, 2013; Qinghai., Xiao., Xiong., Zhou., Guan, 2014).

$$R\% = \frac{(C_0 - C_e).100\%}{C_0} \dots\dots\dots(3)$$

(Liu., Wang., Borthwick., Yanqi., Yin., Li., Ni, 2013; Liu., Wang., Liu., Wang., Sun, 2013; Liuchun., Dang., Zhu., Yi, 2010).

keterangan:

- q_e = massa logam teradsorpsi pada kesetimbangan (mg/g)
- q_t = massa logam teradsorpsi pada waktu t (mg/g)
- R% = Persentasi logam teradsorpsi (%)
- C_0 = konsentrasi logam awal (mg/L)
- C_t = konsentrasi pada waktu t (mg/L)
- C_e = konsentrasi kesetimbangan (mg/L)
- V = volume larutan (L)
- m_{ads} = massa adsorben (g)

Kinetika adsorpsi merupakan laju penyerapan suatu fluida oleh adsorben dalam jangka waktu tertentu. Untuk menyelidiki proses adsorpsi logam berat, model kinetik yang berbeda digunakan untuk menggambarkan tingkat penyerapan adsorbat pada adsorben (Chen., Yue., Gao., Li., Xu, 2011). Pada berbagai penelitian, data kinetika adsorpsi diperoleh secara empiris dengan menggunakan model persamaan orde satu dan persamaan orde dua (Liu., Wang., Liu., Wang., Sun, 2013; Arshadi., Amiri., Mousavi, 2014; Chen., Yue., Gao., Li., Xu, 2011). Persamaan pseudo orde satu (pers. 4) dan pseudo orde dua (pers. 5) masing-masing dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{1}{q_t} = \frac{k_t}{(q_e)t} + \frac{1}{q_e} \dots\dots\dots(4)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \dots\dots\dots(5)$$

(Liu., Wang., Liu., Wang., Sun, 2013)

Penggunaan persamaan ini bertujuan untuk mempelajari kinetika adsorpsi/laju rata-rata dan menentukan pemodelan yang sesuai untuk data eksperimen berdasarkan koefisien korelasi (r^2) yang diperoleh dengan cara memplot data eksperimen dengan persamaan orde satu dan persamaan orde dua.

Selain itu, pemodelan ini dapat juga digunakan untuk mengidentifikasi apakah selama proses adsorpsi terjadi reaksi kimia atau tidak pada adsorben (Liu., Wang., Liu., Wang., Sun, 2013; Arshadi., Amiri., Mousavi, 2014; Chen., Yue., Gao., Li., Xu, 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi batang jagung pada larutan Cd^{2+} . Bentuk batang jagung dan perbedaan laju pengadukan menjadi variabel pada penelitian ini. Kapasitas adsorpsi terhadap waktu kontak digunakan untuk menentukan model kinetika adsorpsi oleh batang jagung untuk menentukan apakah adsorpsi terjadi secara kimia atau fisika. Penelitian ini akan berguna dalam mengurangi dampak pencemaran logam berat pada badan air dan menambah nilai ekonomis batang jagung.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang jagung sebagai adsorben, diperoleh dari pertanian jagung di kota Medan, Indonesia. Kadmium asetat ($Cd(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$) dari Merck KgaA, Darmstadt, Germany sebagai sumber kadmium (Cd^{2+}), asam klorida (HCl) dari Mallinckrodt Baker, Inc, Paris dan natrium hidroksida (NaOH) dari Merck KgaA, Darmstadt, Germany sebagai pengatur pH, air (H_2O) sebagai pelarut dari alat aquadestilator (W41 Water Still Favorit), Indonesia. Sedangkan peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) (AA-7000 Series, Shimadzu Corporation, Japan) yang berfungsi untuk mengukur konsentrasi ion logam dilarutan.

B. Percobaan

1). Pembuatan larutan

Larutan asam dan basa disediakan yang berfungsi untuk mengatur keasaman (pH) larutan pelarut logam dengan konsentrasi 0,1 M dari HCl dan NaOH. Pelarut dengan pH terkontrol yaitu 4,5 disediakan sebanyak 5 liter yang digunakan untuk melarutkan logam Cd^{2+} dengan konsentrasi 50 ppm.

2). Preparasi Batang Jagung

Batang jagung dibersihkan dari pengotor dan komponen lainnya seperti daun ataupun akar yang menempel pada batang. Kemudian batang jagung dicuci dengan air bersih dan dipotong dengan variasi bentuk bulat, $\frac{1}{2}$ bulat, $\frac{1}{4}$ bulat dengan ketebalan 0,5 cm, ukuran 50 mesh dan 70 mesh. Kemudian dicuci dengan air deionisasi sebanyak 3-4 kali hingga pH air pencuci kembali normal dan dikeringkan dalam oven (Memmert UN 55, Indonesia) pada $55^\circ C$ sampai berat konstan.

3). Proses adsorpsi

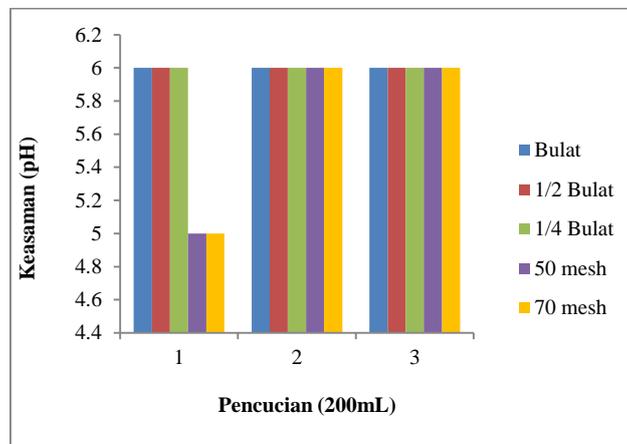
Proses adsorpsi logam berat dilakukan dengan proses tidak tunak (*batch*). Larutan logam Cd^{2+} dengan konsentrasi 50 ppm sebanyak 100 mL pada pH 4,5 ditempatkan dalam erlenmeyer. Kemudian, sebanyak 1 g batang jagung untuk berbagai bentuk ditambahkan ke erlenmeyer. Sampel tersebut kemudian diaduk dengan variasi kecepatan pengadukan 150, 220, dan 250 rpm dengan bentuk adsorben hanya pada bentuk $\frac{1}{4}$ bulat selama 120 menit pada suhu ruang ($25^\circ C$). Untuk mengamati kapasitas adsorpsi terhadap pertambahan waktu, dilakukan pengambilan sampel setiap 10 menit sebanyak 2 mL untuk keperluan analisis. Pengaruh perubahan volume pada sistem akibat pengambilan sampel diabaikan karena konsentrasi larutan yang sangat rendah dinilai tidak berpengaruh pada perubahan volume. Konsentrasi sampel diukur dengan alat analisis Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) (AA-7000 Series, Shimadzu Corporation, Japan).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perlakuan Awal pada Adsorben Batang Jagung

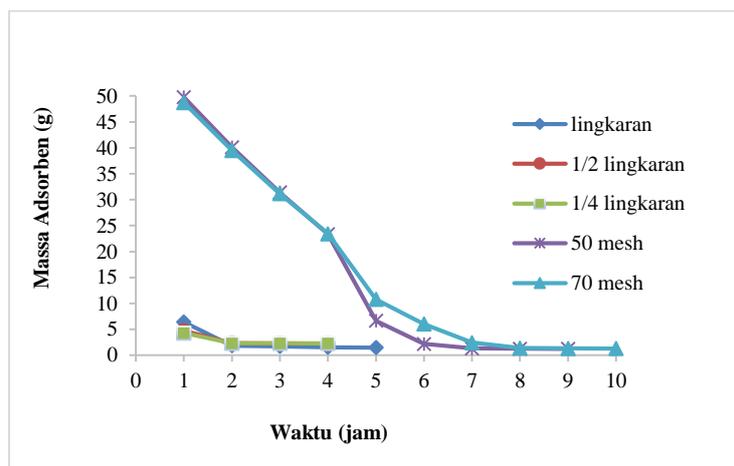
Proses pencucian yang dilakukan pada batang jagung bertujuan untuk mendapatkan perlakuan kondisi pH yang sama pada tiap bentuk batang jagung dan juga untuk menghilangkan kotoran seperti tanah dan residu fungisida atau insektisida yang menempel pada batang jagung (Aji dan Kurniawan, 2012).

Penyeragaman kondisi ini dilakukan dengan cara mencuci bahan adsorben dengan *aquadest* berulang kali sampai pH *aquadest* setelah pencucian sama dengan pH *aquadest* sebelum pencucian. Hasil pencucian ini diperoleh kondisi pH yang sama yaitu pH 6 pada tiap bentuk adsorben batang jagung. Data hasil pencucian dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil ini menunjukkan bahwa adsorben bentuk serbuk 50 mesh dan 70 mesh membutuhkan empat kali pencucian sampai pH konstan yaitu pH 6. Adsorben bentuk lingkaran, ½ lingkaran dan ¼ lingkaran membutuhkan 3 kali pencucian sampai pH konstan yaitu pH 6.



Gambar 1. Penentuan pH Netral Adsorben Batang Jagung

Setelah melakukan pencucian batang jagung dengan berbagai bentuk (bulat, ½ bulat, seperempat bulat, 50 mesh dan 70 mesh), kemudian dilakukan proses pengeringan di oven pada suhu 55°C. Pengeringan dilakukan pada semua bentuk batang jagung hingga berat batang jagung konstan sehingga diperoleh keseragaman massa adsorben. Menurut Maulina., Rosarrah., Djaeni (2013), proses pengeringan merupakan proses penurunan kadar air dalam bahan sampai pada tingkat kadar air tertentu.



Gambar 2. Grafik Pengeringan Adsorben Batang Jagung

Data hasil pengeringan dapat dilihat pada Gambar 2. Adsorben batang jagung bentuk lingkaran membutuhkan waktu 5 jam pengeringan. Adsorben batang jagung bentuk ½ lingkaran dan ¼ lingkaran membutuhkan waktu pengeringan selama 4 jam sampai massa adsorben konstan. Batang jagung bentuk serbuk 50 mesh dan 70 mesh membutuhkan waktu pengeringan lebih lama yaitu selama 9 dan 10 jam. Pengeringan adsorben bentuk serbuk 50 mesh dan 70 mesh membutuhkan waktu yang lebih lama disebabkan lebih banyak berikatan dengan molekul air pada pencucian hingga penentuan pH netral. Proses pengeringan terkait dengan luas permukaan yang terbuka sehingga dapat mempercepat pengeringan karena semakin banyak luas permukaan yang mengalami kontak dengan udara panas

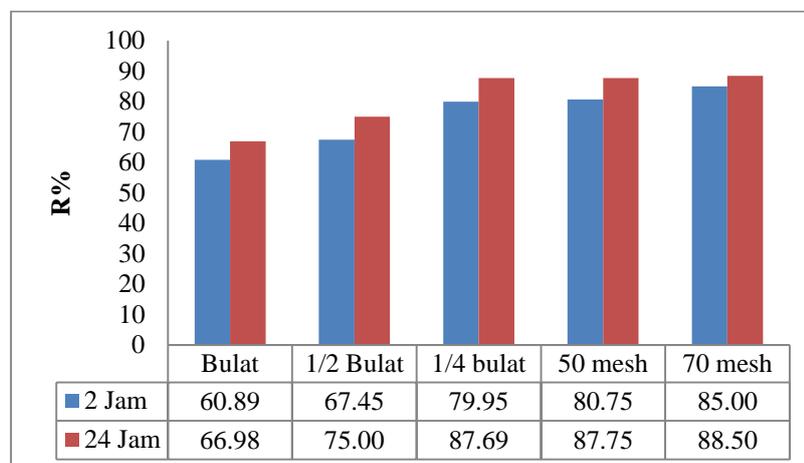
(Maulina., Rosarrah., Djaeni, 2013). Pengeringan akan meningkatkan luas permukaan bahan dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Tujuan dari proses pengeringan ini adalah untuk mempertinggi volume porositas dengan memperluas diameter pori dan dapat menimbulkan beberapa pori yang baru (Abid dan Ayadi, 2011).

B. Penentuan Kapasitas Adsorpsi dengan Variasi Bentuk Adsorben

Bentuk adsorben yang dilakukan adalah bulat, ½ bulat, ¼ bulat, 50 mesh dan 70 mesh. Proses adsorpsi dilakukan pada waktu 2 jam dan 24 jam. Penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi bentuk adsorben adalah untuk mengetahui besarnya penjerapan ion logam Cd²⁺ oleh adsorben batang jagung pada berbagai bentuk. Menghitung jumlah persentasi logam teradsorpsi (%R) oleh adsorben telah digunakan persamaan (3).

Persentasi kapasitas adsorpsi oleh adsorben batang jagung berbagai bentuk dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil percobaan menunjukkan bahwa persentasi logam teradsorpsi cenderung konstan pada bentuk ¼ lingkaran, 50 dan 70 mesh. Adsorben dengan bentuk 70 mesh memiliki persentasi kapasitas adsorpsi terbesar 85% dan 88.5% untuk waktu 2 dan 24 jam. Pengaruh luas permukaan dari bentuk 50 dan 70 mesh tersebut memungkinkan meningkatkan kapasitas adsorpsinya dibandingkan dengan bentuk bulat dan 1/2 lingkaran. Dengan meningkatnya luas permukaan adsorben maka potensi permukaan berinteraksi dengan adsorbed akan lebih besar.

Menurut Da Motta., De Castro., De Goes., De Oliveira (2014), bahwa daya serap adsorpsi ditentukan oleh luas permukaan dari adsorben tersebut. Besarnya adsorpsi sebanding dengan luas permukaannya. Semakin kecil bentuk adsorben tersebut, maka semakin besar luas permukaannya. Makin besar luas permukaan adsorben, maka semakin besar pula adsorpsi yang terjadi.

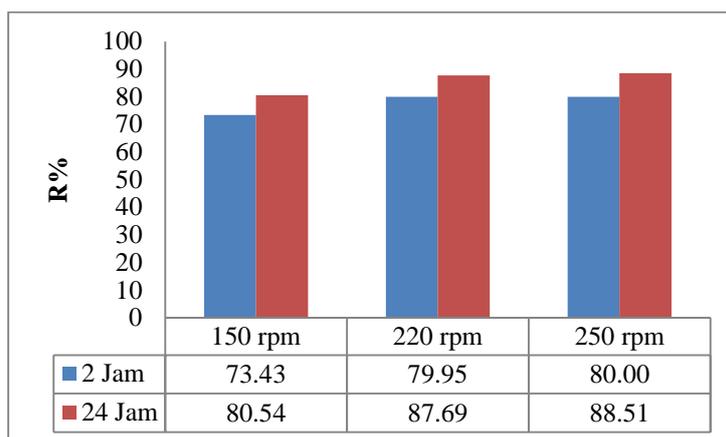


Gambar 3. Hubungan Antara Kapasitas Adsorpsi Dengan Berbagai Bentuk Adsorben Batang Jagung.

C. Penentuan Kapasitas Adsorpsi dengan Variasi Kecepatan Pengadukan

Penentuan kapasitas adsorpsi Cd²⁺ dengan variasi kecepatan pengadukan dengan menggunakan batang jagung dengan bentuk ¼ bulat. Variasi kecepatan yang digunakan adalah 150 rpm, 220 rpm dan 250 rpm.

Pengaruh kecepatan pengadukan adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 4. Dari hasil analisis tersebut bahwa kapasitas adsorpsi dari setiap variasi kecepatan pengadukan mengalami peningkatan dari waktu 2 jam sampai 24 jam. Kapasitas adsorpsi terbesar terdapat pada kecepatan pengadukan 250 rpm yaitu pada 2 jam sebesar 4,00 mg/g dan 24 jam yaitu 4,43 mg/g dengan persen adsorpsi pada 2 jam dan 24 jam sebesar 80,00 % dan 88,51 %.



Gambar 4. Hubungan Antara Persentasi Adsorpsi Dengan Variasi Kecepatan Pengadukan Pada Batang Jagung $\frac{1}{4}$ Lingkaran.

Menurut Da Motta., De Castro., De Goes., De Oliveira (2014), bahwa kecepatan pengadukan sangat berpengaruh penting dalam proses adsorpsi. Dalam proses adsorpsi kecepatan pengadukan yang semakin rendah maka kapasitas adsorpsinya semakin kecil. Akan tetapi, kecepatan pengadukan yang terlalu cepat dapat mengakibatkan zat yang teradsorpsi akan mengalami desorpsi karena zat yang teradsorpsi akan terlepas dan tercampur kembali kedalam fluida. Kecepatan yang terlalu cepat dapat mengakibatkan struktur dari adsorben tersebut akan rusak.

D. Pengaruh Waktu Kontak dan Kinetika Adsorpsi

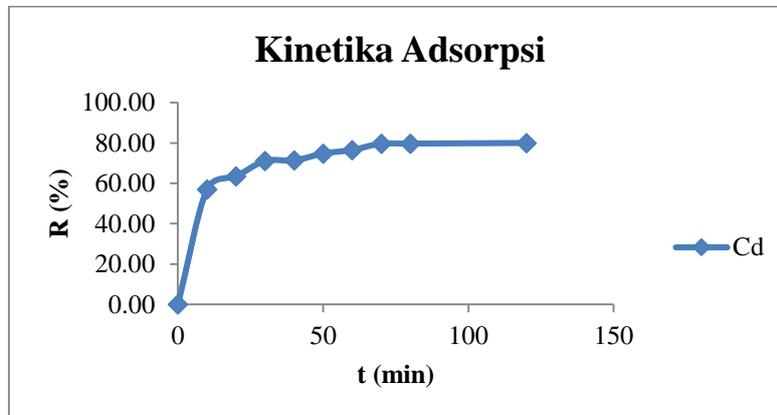
Waktu adsorpsi adalah salah satu parameter proses terjadinya adsorpsi karena waktu merupakan faktor yang dapat merefleksikan kinetika suatu adsorben dalam berinteraksi dengan adsorbat. Waktu juga dapat dijadikan sebagai indikator untuk menentukan tingkat keefisinan penggunaan adsorben.

Pada penelitian ini variasi waktu kontaknya adalah 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 dan 120 menit. Batang jagung dapat mengadsorpsi ion logam Cd^{2+} secara optimum. Larutan Cd^{2+} yang digunakan pada analisa optimasi waktu kontak ini adalah 50 ppm yang telah dibuat sendiri dan telah dianalisa menggunakan alat AAS (*Atomic Adsorption Spectrofotometric*) dan berat adsorben batang jagung yang digunakan adalah 1 gram dengan bentuk adsorben yaitu $\frac{1}{4}$ bulat. Proses adsorpsi ini telah dihitung dengan persamaa (2) dan (3). Hasil dari pengukuran waktu kontak terhadap kapasitas adsorbs diberikan pada Tabel 1,

Tabel 1. Penentuan Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorbsi

| Waktu, t (min) | % Adsorpsi, R% | qt (mg/g) |
|----------------|----------------|-----------|
| 0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 56,96 | 2,85 |
| 20 | 63,44 | 3,17 |
| 30 | 71,05 | 3,55 |
| 40 | 71,33 | 3,57 |
| 50 | 74,71 | 3,74 |
| 60 | 76,51 | 3,83 |
| 70 | 79,65 | 3,98 |
| 80 | 79,65 | 3,98 |
| 120 | 79,95 | 4,00 |

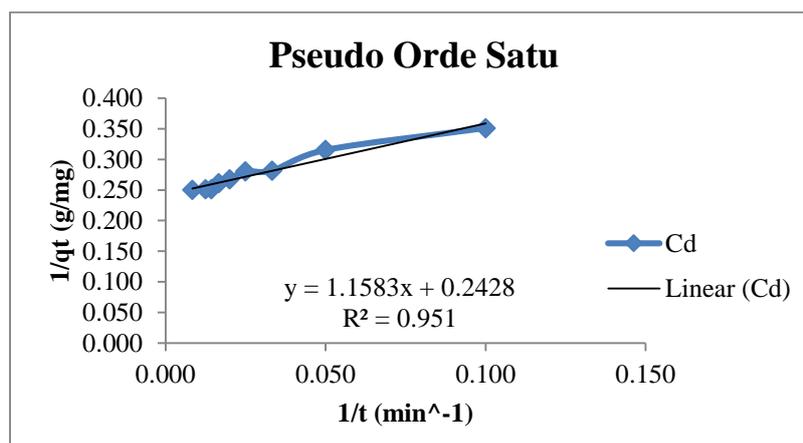
Gambar 5 mendemonstrasikan bahwa Cd^{2+} yang teradsorpsi semakin besar dengan bertambahnya waktu kontak. Hal ini disebabkan semakin lama waktu interaksi adsorben dengan adsorbat menyebabkan peningkatan kemampuan adsorpsi Cd^{2+} . Menurut teori Arshadi., Amiri., Mousavi (2014), bahwa untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi maka diperlukan waktu kontak yang cukup antara adsorbat dengan adsorben. Dapat dilihat konsentrasi Cd^{2+} yang teradsorpsi terus meningkat dan mencapai titik optimum adalah pada menit ke-120 dengan konsentrasi Cd^{2+} yang teradsorpsi sebesar 79,95%.



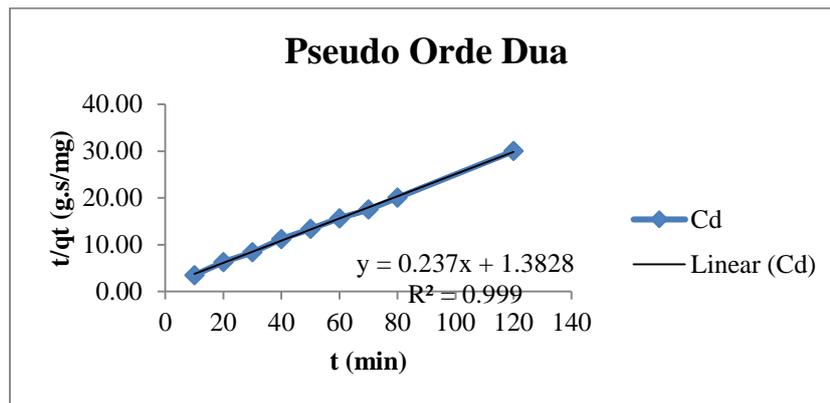
Gambar 5. Pengaruh Waktu Kontak Pada Penyerapan Ion Logam Cd^{2+} dalam Larutan oleh Adsorben Batang Jagung

Waktu kesetimbangan ditentukan untuk mengetahui kapan suatu adsorben mengalami kejenuhan sehingga proses adsorpsi terhenti. Pada keadaan ini, kapasitas adsorpsi permukaan batang jagung telah jenuh dan telah tercapai kesetimbangan antara konsentrasi ion logam Cd^{2+} dalam adsorben batang jagung sehingga penyerapan pada waktu kontak diatas 70 menit menjadi konstan atau hampir sama. Dalam proses adsorpsi bahwa adsorpsi terjadi pada dua tahap yaitu tahap awal terjadi secara cepat kemudian tahap kedua perlahan-lahan kapasitas adsorpsi menurun dikarenakan zat yang teradsorpsi kedalam adsorben mengalami kejenuhan sehingga adsorben tidak dapat lagi mengadsorpsi zat tersebut (Arshadi., Amiri., Mousavi, 2014).

Kinetika adsorpsi digunakan untuk mengetahui laju adsorpsi yang terjadi pada adsorben terhadap adsorbat dan dipengaruhi oleh waktu. Waktu kontak yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi dijadikan sebagai ukuran laju adsorpsi. Pada penelitian ini pengujian laju adsorpsi dilakukan dengan menduga orde reaksinya. Orde reaksi laju suatu reaksi kimia atau proses kimia diartikan sebagai kecepatan terjadinya suatu reaksi. Dalam penelitian ini, data kinetika adsorpsi diperoleh secara empiris dengan menggunakan model pseudo orde satu dan pseudo orde dua. Persamaan pseudo orde satu menggunakan persamaan (4) dan orde dua dari dari persamaan (5).



Gambar 6. Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde 1



Gambar 7. Grafik Kinetia Adsorpsi Pseudo Orde 2

Dengan memplot data pada Table 1 terhadap kapasitas adsorpsi pada waktu t (q_t) terhadap waktu kontak t . Hasil yang diperoleh seperti pada Gambar 6 untuk orde satu dan Gambar 7 untuk orde dua. Dari hasil perhitungan teoritis, nilai koefisien korelasi (r^2) pseudo orde dua lebih mendekati angka satu (1) dibandingkan dengan pseudo orde satu. Persamaan pseudo orde satu memiliki nilai $r^2 = 0,951$ dan persamaan pseudo orde dua memiliki nilai $r^2 = 0,999$. Ini menunjukkan bahwa pemodelan pseudo orde dua menjadikan data adsorpsi lebih presentatif. Jika pemodelan ini sesuai dengan percobaan, maka mekanisme adsorpsi melibatkan reaksi kimia (*chemisorption*) antara adsorbat dan adsorben (Liu., Wang., Liu., Wang., Sun, 2013).

KESIMPULAN

Setelah eksperimen ini dilakukan, maka diperoleh kesimpulan bahwa laju adsorpsi terjadi secara signifikan pada 10 menit pertama pada proses adsorpsi. Setelah itu, laju adsorpsi melemah secara drastis dan cenderung konstan/setimbang. Berdasarkan perbandingan bentuk adsorben, kapasitas adsorpsi tertinggi terjadi pada bentuk 70 mesh dengan persen adsorpsi 75-80%, pada perbandingan kecepatan pengadukan, kapasitas tertinggi pada kecepatan 250 rpm, dan pada waktu kontak 24 jam yaitu Cd^{2+} : 4,43 mg/g atau sekitar 88,51% dan pemodelan kinetika adsorpsi terbaik berdasarkan koefisien korelasinya adalah persamaan orde dua yang menunjukkan adanya reaksi kimia pada permukaan adsorben.

DAFTAR PUSTAKA

- Abid, I.G., Ayadi, M.T. 2011. Competitive adsorption of heavy metals on local landfill clay. *Arabian Journal of Chemical*.
- Aji, B. K., F, Kurniawan. 2012. Pemanfaatan Serbuk Biji Salak (*Salacca zalacca*) Sebagai Adsorben Cr (VI) Dengan Metode Batch Dan Kolom. *Jurnal Sains POMITS*. Vol. 1 (1-6).
- Akpmie, Kovo G., Dawodu, Folasegun A. 2015. Treatment of an automobile effluent from heavy metals contamination by an eco-friendly montmorillonite. *Journal of Advanced Research*.
- Arshadi, M., Amiri, M.J., Mousavi, Sajjad. 2014. Kinetic, equilibrium and thermodynamic investigations of Ni(II), Cd(II), Cu(II) and Co(II) adsorption on barley straw ash. *Water Resources and Industry* 6 (1-17).
- Asghari, Alireza., Mohammadi, Bahram. 2013. Nano-alumina coated with sodium dodecyl sulfate and modified with 4-(2-Pyridylazo). *J. of Ind. & Eng Chem*.
- Chen, Suhong., Yue, Qinyan., Gao, Baoyu., Li, Qian., Xu, Xing. 2011. Removal of Cr(VI) using modified corn stalks. *Journal Chemical Engineering*. 168 (909-917).
- Da Mota, De Oliveira, Izabel., De Castro, Adilson, Jose., De Goes Casqueira, Rui., De Oliveira Junior, Gomes, Angelo. 2014. Study of electroflotation method for threatment of wastewater. *Journal of Materials Research and Technologi*.

- Darmayanti., Rahman, Nurdin., Suprin. 2012. Adsorption of Plumbum (Pb) and Zinc (Zn) From Its The Solution by Using Biological Charcoal (Biocharcoal) of Kepok Banana Peel by pH and Contact Time Variation. *J. Aka. Kim.* 4, ISSN: 2302-6030: (159-165).
- Fonseca, B., Figueiredo, H., Rodrigues, J., Queiroz, A., Tavares, T. 2011. Mobility of Cr, Pb, Cd, Cu, Zn in a loamy sand soil: A comparative study. *Geoderma* 164 (232-237).
- Haryanto, Bode and Chang, Chien-Hsiang. 2014. Foam-enhanced removal of adsorbed metal ions from packed sands with biosurfactant solution flushing, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 45: 2170-2175
- Haryanto, Bode and Chang, Chien-Hsiang. 2015. Removing Adsorbed Heavy Metal Ions from Sand Surfaces via Applying Interfacial Properties of Rhamnolipid, *Journal of Oleo Science* 64: (2) 161-168
- Hossain, M.A., Ngo, H.H., Guo, W.S., Nghiem, L.D., Hai, F.I., Vigneswaran, S., Nguyen, T.V. 2014. Competitive adsorption of metals on cabbage waste from multi-metal. *Bioresource Technology*. 160 (79-88).
- Kampalanonwat, Pimolpun., Supaphol, Pitt. 2014. The Study of Competitive Adsorption of Heavy Metal Ions from Aqueous Solution by Aminated Polyacrylonitrile Nanofiber Mats. 11th EMSES. *Energy Procedia* 56 (142-151).
- Karnib, Mona., Kabbani, Ahmad., Holail, Hanafy., Olama, Zakia. 2014. Heavy Metals Removal Using Activated Carbon, Silica and Silica Activated Carbon Composite. *Journal Energy Procedia*. 50 (113-120).
- Liu, Haibin., Wang, Cuiping., Liu, Jingting., Wang, Baolin., Sun, Hongwen. 2013. Competitive adsorption of Cd(II), Zn(II), and Ni(II) from their binari and ternary acidic systems using tourmaline. *Journal of Environmental Management*. Vol. 128 (727-734).
- Liu, Wen., Wang, Ting., Borthwick, Alistair G.L., Wang, Yanqi., Yin, Xiaochen., Li, Xuezhao., Ni, Jinren. 2013. Adsorption of Pb²⁺, Cd²⁺, Cu²⁺ and Cr²⁺ onto titanate nanotubes: Competition and effect of inorganic ions. *Journal Science of The Total Environment*. 456-457 (171-180).
- Liuchun, Z., Zhi, D., Xiaoyun, Y., Hui, Z. 2010. Equilibrium and kinetic studies of adsorption of Cd (II) from aqueous solution using modified corn stalk. *JHM*. 176 (650-656).
- Liuchun, Zheng., Dang, Zhi., Zhu, Chaofei., Yi, Xiaoyun., Zhang, Hui., Liu, Congqiang. 2010. Removal of cadmium(II) from aqueous by corn stalk graft copolymers. *Journal Bioresource Technology*. 101 (5820-5826).
- Mahmoudkhani, Rouhallah., Torabian, Ali., Hassani, Hessam, Amir., Mahmoudkhani. 2014. Copper, Cadmium and Ferrous removal by Membrane Bioreactor. *Journal Procedia APCBEE*. 10 (79-83).
- Maulina, Anggi, Cynthia., Rosarrah, Ahdayani., Djaeni, Mohammad. 2013. Aplikasi Spray Dryer Untuk Pengeringan Larutan Garam Amonium Perklorat Sebagai Bahan Propelan. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. Vol. 2 No. 4 (84-92).
- Miao, Yawen., Zhang, G. 2012. Study about characteristics of FTIR for corn stalk surface with KH-560 treatment. *Energy Procedia*. 16 (1135-1140).
- Montoya, Hernandez. V., Perez-Cruz, M.A., Mendoza-Castillo., Moreno-Virgen, M.R. 2013. Competitive adsorption heavy metals on zeolitic. *Journal of Environmental Management*. 116 (213-221).
- Mori, Masanobu., Sekine, Yoshimasa., Hara, Naoko., Nakarai, Ken-ichiro., Suzuki, Yuji., Kuge, Haruka., Kobayashi, Yusuke., Arai, Akira., Itabashi, Hideyuki. 2013. Adsorptivity of heavy metals Cu^{II}, Cd^{II}, and Pb^{II} on woodchip-mixed porous mortar. *Chemical Engineering Journal*. 215-216 (202-208).
- Naushad, M. 2014. Surfactant assisted nano-composite cation exchanger: *Chem Eng Journal*. 235 (100-108).
- Qinghai, Hu., Xiao, Zhanjin., Xiong, Xinmei., Zhou, Gongming., Guan, Xiaohong. 2014. Predicting heavy metals adsorption edges and adsorption isotherms on MnO₂. *Journal Openenvironmental Sciences*. *JES*
- Sangiumsak, Noppadol., Punrattanasin, Pongsakorn. 2014. Adsorp. behavior of heavy metal on various soil. *Pol. J. Environ. Stud*. 23 No. 3 (853-865).

- Singhal, Shailey., Agarwal, Hilpi., Bahukhandi, Kanchan., Sharma, Rajan., Singhal, Naveen. 2014. Bio-adsorbent: A cost-effective method for effluent treatment. *International Journal of Environmental Sciences and Research*. Vol. 3 No. 1 (151-156).
- Song, Wen., Gao, Baoyu., Zhang, Tengge., Xu, Xing., Huang, Xin., Yu, Huan., Yue, Qinyan. 2015. High-capacity adsorption of dissolved hexavalent chromium using amine functionalized magnetic corn stalk composites. *Bioresource Technology*.
- Vafakhah, S., Bahrololoom, M.E., Bazarganlari, R., Saeedikhani. 2014. Removal of copper ions from electroplating effluent solutions with native corn cob and corn stalk and chemically modified corn stalk. *Journal of Environment Chemical Engineering*. 2 (356-361).