

## **ADSORPSI Pb (II) MENGGUNAKAN BIOMASSA GENJER (*Limnocharis flava*)**

### **ADSORPTION OF Pb (II) USING *Limnocharis flava* BIOMASS**

**Titin Anita Zahara\*, Imelda H.Silalahi, Nurlina, Miftah Husnul**

Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
UniversitasTanjungpura

\*E-mail : titin\_anita09@yahoo.com

#### **ABSTRACT**

*Adsorption of Pb (II) using activated biomass Limnocharis flava and nonactivated has been done. The main objective of this research is to determine the maximum adsorption capacity, adsorption equilibrium constant and energy adsorption of Pb (II) in solution using L. flava adsorbent. First step of the experiment is optimization of pH and contact time adsorption and the next step is adsorption of Pb (II) with varying initial concentration in optimum condition. The results showed that the optimum adsorption at solution pH 4 and a contact time of 60 minutes. Pb (II) ion adsorption by L. flava follows adsorption isotherm of Langmuir with capacity of adsorption is  $6.94 \times 10^{-5}$  mol / g, adsorption constant (K) is 5586.59 L / mol and the adsorption energy is 21.74019 kJ / mol.*

*Keywords: adsorption, Pb(II) ion, L. flava*

#### **ABSTRAK**

*Adsorpsi ion Pb (II) menggunakan Limnocharis flava teraktivasi dan Limnocharis flava tanpa aktivasi telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kapasitas adsorpsi maksimum, konstanta kesetimbangan dan energy adsorpsi ion Pb (II) dalam larutan menggunakan adsorben genjer (L. flava). Langkah pertama penelitian ini adalah optimasi pH dan waktu kontak adsorpsi, langkah selanjutnya adalah adsorpsi ion Pb (II) dengan variasi konsentrasi awal pada kondisi optimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorpsi berlangsung optimum pada pH 4 dan waktu kontak selama 60 menit. Adsorpsi ion Pb (II) menggunakan biomass L. Flava mengikuti isotherm adsorpsi Langmuir dengan kapasitas adsorpsi sebesar  $6,94 \times 10^{-5}$  mol/g, konstanta kesetimbangan 5586,59 L/mol dan energi adsorpsi 21,74019 kJ/mol.*

*Kata kunci: adsorpsi, ion timbal (II), genjer (L. flava)*

### **1. PENDAHULUAN**

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang banyak dimanfaatkan oleh manusia, seperti penggunaan dalam bahan bakar bensin, baterai, cat dan berbagai industri lainnya. Timbal dalam jumlah besar dapat membahayakan makhluk hidup karena bersifat racun yang dapat mengganggu sistem saraf dan mempengaruhi kerja ginjal. Oleh karena itu untuk mengontrol pencemaran lingkungan oleh logam berat, perlu dibatasi kandungan maksimum logam dalam suatu limbah yang boleh dibuang ke lingkungan.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk penanganan limbah logam berat yaitu metode adsorpsi. Metode adsorpsi merupakan metode alternatif yang lebih efektif dibandingkan metode lainnya karena tingkat efisiensi yang lebih tinggi dan tidak memberikan efek samping berupa zat beracun. Salah satu faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah kekuatan interaksi adsorbat dan adsorben [1].

Biomassa adalah bahan yang berasal dari zat-zat organik yang dapat diperbaharui dari makhluk hidup baik hewan maupun tumbuhan [2]. Biomassa dapat mengadsorpsi ion logam dikarenakan adanya kandungan protein dan selulosa. Gugus tersebut dapat berperan sebagai penukar ion dan adsorben terhadap logam berat dalam air limbah [3]. Biomassa seperti apu-apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) telah berhasil digunakan untuk menyerap logam Pb menggunakan metode adsorpsi. Tumbuhan apu-apu juga dapat digunakan sebagai adsorben karena mengandung beberapa gugus fungsi seperti -CO dan -CN yang dapat berikatan dengan ion Pb (II), sedangkan eceng gondok mengandung gugus-gugus aktif seperti -COOH, -OH dan -CONH, sehingga ion logam Pb(II) dapat teradsorpsi [5].

Genjer merupakan tumbuhan rawa yang berakar dalam tanah, bergetah dan menghasilkan tanaman baru dengan membengkokkan tangkai bunga kemudian terbentuk akar pada ujungnya [6]. Dalam waktu 24 jam genjer mampu menyerap logam Cd dan Ni sebesar 1,35 mg/g dan 1.16 mg/g bila logam itu berada dalam keadaan tidak tercampur, dan menyerap Cd 1,23 mg/g dan Ni 0,35 mg/g bobot kering apabila logam tersebut berada dalam keadaan tercampur dengan logam lain dalam air [7].

Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian menggunakan biomassa genjer sebagai bahan penyerap logam timbal (II), dimana digunakan variasi adsorben dengan perlakuan yang sama yaitu genjer teraktivasi asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) dan genjer tanpa aktivasi. Pada penelitian ini, dilakukan variasi pH larutan Pb (II) untuk mengetahui pH optimum pada adsorpsi ion Pb (II) oleh biomassa genjer. Kemudian ditentukan kapasitas adsorpsi, konstanta adsorpsi dan energi adsorpsi timbal (II) dengan melakukan variasi konsentrasi larutan logam Pb (II).

## **2. METODE PENELITIAN**

### **2.1 Alat dan bahan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas, ayakan 200 mesh, kertas saring Whatman, pHmeter digital, oven, *rotary shaker* Ikalabortechnik KS 501 Digital, spektrofotometer Infra Merah (IR) Shimadzu Prestige 21, spektrofotometer Serapan Atom Shimadzu AA-6800, timbangan analitik dan *vacum rotary*.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuades, asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) pekat, buffer pH 4 dan 10, genjer, natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) dan timbal nitrat ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ).

## 2.2 Cara Kerja

### Preparasi Adsorben

di bawah sinar matahari selama beberapa hari. Dilanjutkan pengeringan di dalam oven pada suhu  $60^\circ\text{C}$ . Sampel yang telah kering kemudian dihaluskan dan diayak dengan ayakan 200 mesh. Kemudian sampel dipisahkan menjadi dua bagian, yaitu adsorben teraktivasi dan tanpa aktivasi. Proses aktivasi adsorben dilakukan dengan merendam sampel dalam larutan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) 0,1 M selama 3 jam. Sampel yang telah direndam lalu disaring menggunakan *vacum rotary*. Sampel dicuci dengan akuades dan dikeringkan dalam oven pada suhu  $60^\circ\text{C}$ . Sampel yang telah kering merupakan adsorben teraktivasi.

### Penentuan Kondisi pH Optimum Adsorpsi

Penentuan pH optimum dilakukan menggunakan variasi pH larutan Pb (II) 2,4, 6, 8 dan 10 serta variasi adsorben genjer teraktivasi dan genjer tanpa aktivasi. Pengaturan pH menggunakan  $\text{HNO}_3$  dan larutan  $\text{NaOH}$ . Sebanyak 0,5 g adsorben yang divariasikan dimasukkan ke dalam botol kaca yang berisi 25 mL larutan Pb (II) dengan konsentrasi 80 mg/L dengan pH larutan yang divariasikan. Kemudian dikocok menggunakan *rotary shaker* selama 60 menit dengan kecepatan 150 rpm. Larutan yang telah dikontakkan kemudian didiamkan selama 15 menit kemudian disaring menggunakan kertas Whatman. Konsentrasi Pb (II) dalam filtrate hasil penyaringan ditentukan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Data yang diperoleh diuji menggunakan statistik, sehingga diperoleh kondisi pH optimum adsorpsi yang digunakan untuk prosedur selanjutnya.

### Penentuan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi

Penentuan waktu kontak optimum dilakukan dengan variasi waktu kontak 30, 60, 90 dan 120 menit serta variasi adsorben genjer teraktivasi dan genjer tanpa aktivasi. Sebanyak 0,5 g adsorben yang divariasikan dimasukkan ke dalam botol kaca yang berisi 25 mL larutan Pb (II) dengan konsentrasi 80 mg/L dengan pH optimum larutan. Campuran tersebut kemudian dikocok menggunakan *rotary shaker* dengan kecepatan 150 rpm dengan waktu kontak yang divariasikan. Larutan yang telah dikontakkan kemudian didiamkan selama 15 menit kemudian disaring menggunakan kertas Whatman.

Konsentrasi Pb (II) dalam filtrate hasil penyaringan ditentukan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Data yang diperoleh diuji menggunakan statistik, sehingga diperoleh kondisi pH optimum adsorpsi yang digunakan untuk prosedur selanjutnya.

#### Penentuan Kapasitas Adsorpsi Maksimum ion Pb (II)

Penentuan kapasitas adsorpsi maksimum dilakukan menggunakan variasi konsentrasi larutan Pb (II) 20, 40, 60, 80, 100, 200, 300, 400 dan 500 mg/L untuk adsorben genjer teraktivasi dan 20, 40, 60, 80 dan 100 mg/L untuk adsorben tanpa aktivasi. Sebanyak 0,5 g adsorben yang divariasikan dimasukkan ke dalam botol kaca yang berisi 25 mL larutan Pb (II) dengan konsentrasi larutan Pb (II) yang divariasikan dengan pH optimum adsorpsi. Kemudian dikocok menggunakan *rotary shaker* dengan kecepatan 150 rpm dengan waktu kontak optimum adsorpsi. Larutan yang telah dikontakkan kemudian didiamkan selama 15 menit kemudian disaring menggunakan kertas Whatman. Konsentrasi Pb (II) dalam filtrat hasil penyaringan ditentukan menggunakan spektrofotometer serapan atom serta diketahui kapasitas adsorpsinya.

#### Penentuan Nilai Kapasitas Adsorpsi Maksimum, Konstanta Kesetimbangan dan Energi Adsorpsi Ion Pb (II)

Penentuan kapasitas adsorpsi menggunakan persamaan berikut:

$$q_e = \frac{C_i - C_e}{W} \times V$$

Keterangan:

$q_e$  = kapasitas adsorpsi (mg/g)

$C_i$  = konsentrasi larutan sampel awal (mg/L)

$C_e$  = konsentrasi larutan sampel kesetimbangan (mg/L)

$W$  = berat adsorben (g)

$V$  = volume larutan sampel

Penentuan kapasitas adsorpsi maksimum menggunakan persamaan kurva isoterm Langmuir dengan memasukkan data  $C_e$  vs  $C_e/q_e$ .

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{X_m K} = \frac{C_e}{X_m}$$

Keterangan:

$q_e$  = kapasitas adsorpsi (mg/g)

$C_e$  = konsentrasi larutan sampel kesetimbangan (mg/L)

$K$  = konstanta Langmuir (L/mol)

$X_m$  = kapasitas adsorpsi maksimum (mol/g)

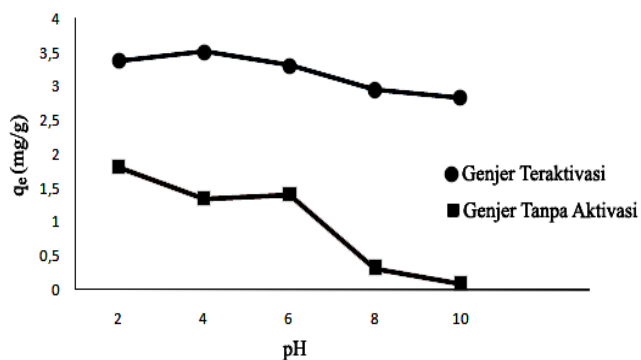
Slope isoterm Langmuir yaitu  $\frac{1}{x_m}$  dan intersepnya yaitu  $\frac{1}{x_m K}$  dari  $C_e$  vs  $C_e/q_e$ .

Nilai kapasitas maksimum dapat diperoleh dari nilai slope dan konstanta kesetimbangan diperoleh dari nilai intersep pada persamaan kurva linier isoterm Langmuir, sehingga nilai energi adsorpsi dapat ditentukan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Penentuan pH Optimum Adsorpsi

Proses adsorpsi dapat dipengaruhi oleh pH larutan, dimana pH larutan mempengaruhi keadaan ionik gugus fungsi pada dinding sel genjer atau muatan permukaan adsorben. Pengaruh variasi pH larutan terhadap kapasitas adsorpsi pada adsorben genjer teraktivasi dan genjer tanpa aktivasi diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi (q<sub>e</sub>)

Gambar 1 menunjukkan bahwa adsorpsi Pb (II) oleh genjer dipengaruhi oleh pH larutan. Kapasitas adsorpsi (q<sub>e</sub>) merupakan jumlah ion Pb (II) yang teradsorpsi pada adsorben. Pada genjer teraktivasi, kapasitas adsorpsi ion Pb (II) meningkat dari pH 2 ke pH 4, kemudian terjadi penurunan kapasitas adsorpsi pada pH di atas 4. Hal ini dikarenakan pada genjer teraktivasi, gugus fungsi yang terdapat pada genjer akan terprotonasi pada pH rendah dan memiliki muatan positif yang sangat reaktif terhadap spesi anion. Tingginya adsorpsi pada pH rendah mengindikasikan bahwa mekanisme adsorpsi Pb (II) didominasi oleh interaksi elektrostatik atau pertukaran ion dengan ion H<sup>+</sup> pada gugus fungsi adsorben [4].

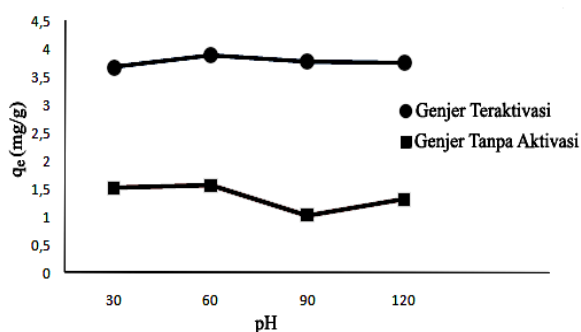
Pada genjer tanpa aktivasi, kapasitas adsorpsi yang diperoleh lebih rendah dibandingkan dengan kapasitas adsorpsi genjer teraktivasi. Adsorpsi maksimal terjadi pada pH 2. Pada pH 4 dan pH 6 terjadi sedikit peningkatan kapasitas adsorpsi dan menurun setelah pH 6. Hal ini dikarenakan pada genjer tanpa aktivasi masih banyak mengandung logam-logam, seperti Na, Ca, K, Mg dan Pb, yang diduga telah berikatan

terlebih dahulu dengan gugus-gugus pada genjer, sehingga mengakibatkan kurang tersedianya gugus aktif yang dapat mengadsorpsi ion Pb (II) dalam larutan sampel.

Uji anova menunjukkan bahwa rata-rata kapasitas adsorpsi ( $q_e$ ) pada berbagai variasi pH berbeda secara signifikan baik pada adsorben teraktivasi maupun tanpa aktivasi. Uji LSD dengan derajat kepercayaan 95% diketahui bahwa pada adsorben teraktivasi dan adsorben tanpa aktivasi terjadi perbedaan signifikan pada setiap pH terhadap pH lainnya. Namun pada adsorben teraktivasi, pH 4 memiliki nilai perbedaan paling signifikan terhadap semua pH. Pada adsorben tanpa aktivasi, pH 2 memiliki nilai paling signifikan terhadap pH lainnya. Berdasarkan data yang diperoleh, disimpulkan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum untuk adsorben teraktivasi berada pada pH 4, sedangkan untuk adsorben tanpa aktivasi berada pada pH 2.

#### Penentuan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi

Waktu kontak merupakan waktu yang diperlukan adsorben dalam mengadsorpsi ion Pb (II). Pengaruh waktu kontak adsorpsi terhadap kapasitas adsorpsi pada adsorben genjer teraktivasi dan genjer tanpa aktivasi diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi ( $q_e$ )

Gambar 2 menunjukkan bahwa adanya perbedaan nilai kapasitas adsorpsi antara adsorben genjer teraktivasi dengan genjer tanpa aktivasi. Pada genjer teraktivasi terjadi peningkatan nilai kapasitas adsorpsi yang tajam dari waktu kontak 30 menit ke 60 menit, kemudian menurun sampai waktu kontak 120 menit. Pada genjer tanpa aktivasi, peningkatan nilai aktivitas adsorpsi terjadi pada waktu kontak 30 menit ke 60 menit dan menurun ke waktu kontak 90 menit kemudian terjadi peningkatan ke waktu kontak 120 menit.

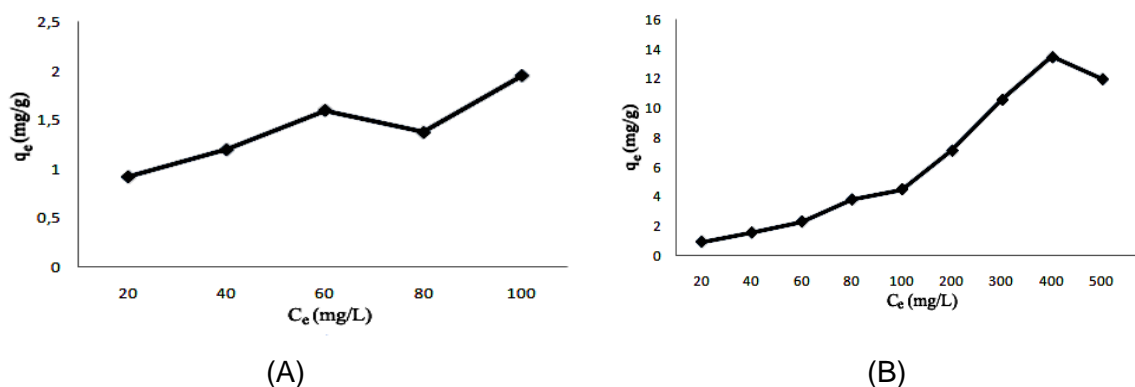
Pada kondisi waktu kontak 30 menit adsorben masih mengalami proses adsorpsi, dimana sebagian gugus-gugus fungsi pada genjer masih berinteraksi dengan ion  $H^+$  dan belum mengalami pertukaran ion secara sempurna. Pada waktu kontak 60 menit, adsorben genjer mengalami kejenuhan untuk berinteraksi dengan adsorbat ion Pb (II) sehingga pada waktu kontak 60 menit ini diperoleh nilai kapasitas adsorpsi maksimum

pada genjer teraktivasi dan genjer tanpa aktivasi. Waktu kontak di atas 60 menit menghasilkan nilai kapasitas adsorpsi lebih rendah.

Uji anova menunjukkan bahwa rata-rata kapasitas adsorpsi ( $q_e$ ) pada berbagai variasi waktu kontak berbeda secara signifikan baik pada adsorben teraktivasi maupun tanpa aktivasi. Uji LSD dengan derajat kepercayaan 95% diketahui bahwa waktu kontak 30 dan 60 menit berbeda signifikan terhadap semua perlakuan. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa waktu kontak 60 menit merupakan waktu kontak optimum yang akan digunakan pada proses selanjutnya.

#### Penentuan Kapasitas Adsorpsi Maksimum Ion Pb (II)

Penentuan kapasitas adsorpsi Pb (II) oleh biomassa genjer bertujuan untuk mengetahui berapa kapasitas adsorpsi maksimum Pb (II) pada tiap gram genjer. Kapasitas adsorpsi maksimum Pb (II) ditentukan dengan mengkaji besarnya adsorpsi logam Pb (II) pada berbagai konsentrasi. Berdasarkan kapasitas adsorpsi yang diperoleh pada tiap variasi konsentrasi larutan Pb (II), maka isoterm adsorpsi ion Pb (II) pada adsorben genjer dapat diperoleh. Isoterm adsorpsi adalah hubungan yang menunjukkan distribusi adsorben antara fasa teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan fasa ruah saat kesetimbangan pada temperatur tertentu. Kurva isoterm adsorpsi ion Pb (II) dalam larutan menggunakan genjer teraktivasi dan genjer tanpa aktivasi ditunjukkan pada Gambar 3.



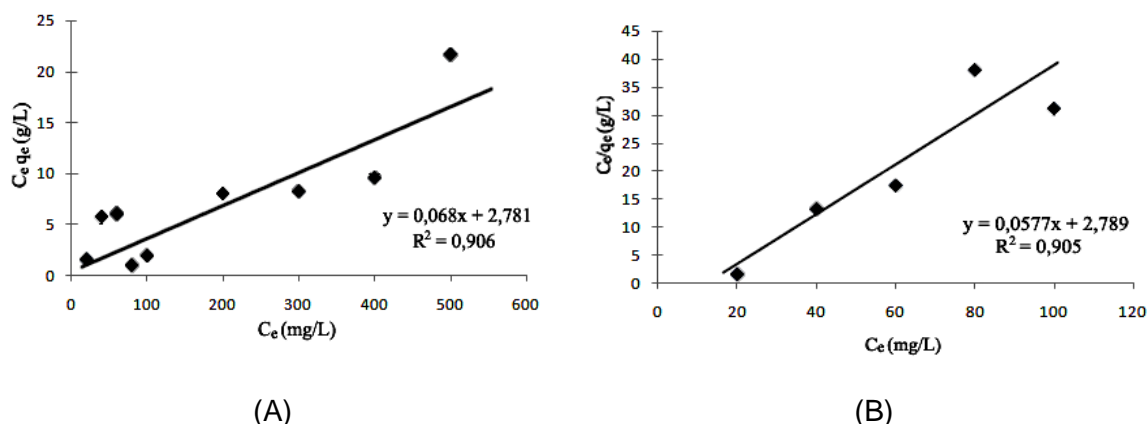
Gambar 3 Kurva isotermis adsorpsi ion Pb (II) dalam larutan (A) genjer teraktivasi (B) genjer tanpa aktivasi

Gambar di atas menjelaskan bahwa terjadi pembentukan monolapis diikuti oleh monolapis. Wilayah yang hampir datar menandakan formasi yang sesuai dengan monolapis. Pada genjer teraktivasi, pembentukan monolapis terjadi pada konsentrasi 20 mg/L hingga 100 mg/L. Pembentukan multilapis terjadi dari konsentrasi 100 mg/L hingga 400 mg/L. Sedangkan pada genjer tanpa aktivasi, pembentukan monolapis terjadi pada konsentrasi 20 mg/L hingga 80 mg/L, kemudian pembentukan multilapis terjadi dari konsentrasi 80 mg/L hingga 100 mg/L.

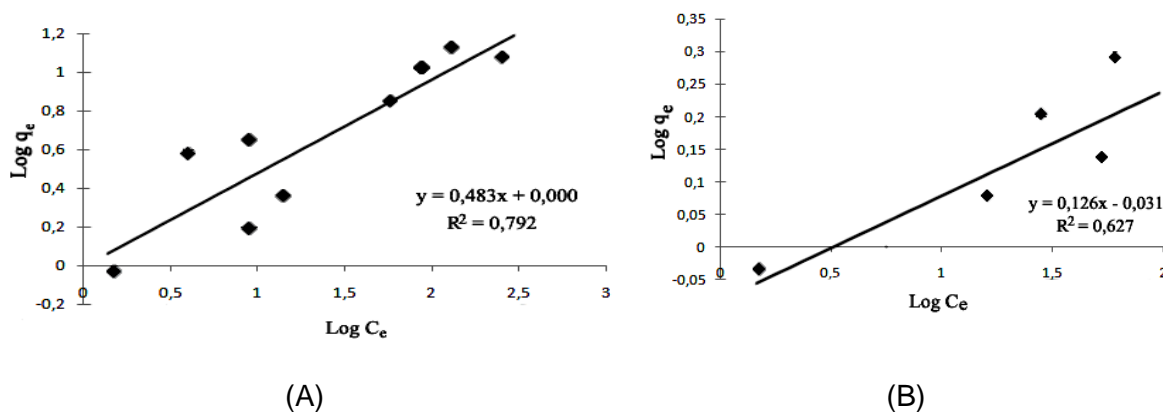
Pada adsorben teraktivasi, banyaknya zat yang terserap per satuan berat adsorben ( $q_e$ ) yang ditentukan pada tiap variasi konsentrasi memiliki nilai terbesar dengan konsentrasi 400 mg/L yaitu sebesar 13,5 mg/g biomassa atau  $6,52 \times 10^{-5}$  mol/g. Nilai ini sesuai dengan nilai kapasitas adsorpsi maksimum yang diperoleh dari persamaan isotermis adsorpsi Langmuir sebesar  $6,94 \times 10^{-5}$  mol/g. Pada adsorben tanpa aktivasi, nilai  $q_e$  terbesar terjadi pada konsentrasi 100 mg/L, yaitu sebesar 1,9 mg biomassa atau  $9,61 \times 10^{-6}$  mol/g, nilai ini juga sesuai dengan nilai kapasitas adsorpsi maksimum Langmuir sebesar  $8,36 \times 10^{-6}$  mol/g. Berdasarkan data tersebut disimpulkan bahwa adsorpsi ion Pb (II) menggunakan genjer memiliki nilai kapasitas adsorpsi sebesar 13,5 mg/g untuk genjer teraktivasi dan 1,9 mg/g untuk genjer tanpa aktivasi.

Kurva Linier Isotermis Adsorpsi Ion Pb (II) pada Adsorben Genjer (*L. flava*)

Sifat adsorpsi yang terjadi dapat diketahui dengan menguji data yang diperoleh terhadap persamaan linier isotermis adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Penentuan isotermis adsorpsi Langmuir dapat diperoleh dengan membuat hubungan antara  $C_e$  dengan  $C_e/q_e$  (Gambar 4). Sedangkan penentuan isotermis adsorpsi Freundlich dapat diperoleh dengan membuat hubungan antara  $\log C_e$  dan  $\log q_e$  (Gambar 5).



Gambar 4 Kurva linear isotermis adsorpsi Langmuir (A) genjer teraktivasi (B) genjer tanpa aktivasi



Gambar 5 Kurva linier isotermis Freundlich (A) genjer teraktivasi (B) genjer tanpa aktivasi



Penentuan isothermis adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat diketahui dengan cara melihat nilai  $R^2$ . Isothermis adsorpsi Pb (II) pada biomassa genjer mengikuti persamaan yang mempunyai nilai  $R^2$  mendekati 1. Berdasarkan Gambar 4 dan 5, hasil perbandingan nilai  $R^2$  menunjukkan bahwa persamaan isothermis Langmuir memiliki  $R^2$  lebih mendekati 1 daripada persamaan isothermis Freundlich, baik pada adsorben teraktivasi maupun pada adsorben tanpa aktivasi. Berdasarkan persamaan dari kurva isotherm Langmuir tersebut, diperoleh nilai kapasitas adsorpsi maksimum ( $X_m$ ) ion Pb (II) dalam larutan menggunakan genjer teraktivasi sebesar  $6,94 \times 10^{-5}$  mol/g, konstanta kesetimbangan (K) sebesar 5586,59 L/mol dan energi adsorpsi (E) sebesar 21,74019 kJ/mol. kemudian kapasitas adsorpsi maksimum ( $X_m$ ) ion Pb (II) dalam larutan genjer tanpa aktivasi sebesar  $8,36 \times 10^{-6}$  mol/g, konstanta kesetimbangan (K) sebesar 42918,45 L/mol dan energi adsorpsi sebesar 26,87 kJ/mol.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum adsorpsi Pb (II) dalam larutan menggunakan genjer yaitu pada pH 4 dengan waktu kontak selama 60 menit. Berdasarkan persamaan isothermis Langmuir diperoleh kapasitas adsorpsi maksimum ion Pb (II) menggunakan *L. flava* sebesar  $6,94 \times 10^{-5}$  mol/g, konstanta kesetimbangan sebesar 5586,59 L/mol dan energi adsorpsi sebesar 21,74019 kJ/mol.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Volesky, B and Naja, G. Biosorption Application Strategies, In: Proceedings of the 16th Internet, *Biotechnol*, Symp. (S.T.L.Harrison; DE.Rawlings and J. Petersen) (eds.) IBS Compress Co. 2005. Capetown South Africa: 531-542.
- [2] Kartohardjono, S.; Ali. dan Manik, G.P. Pemanfaatan Kulit Batang Jambu Biji (*Psidium guajava*) untuk Adsorpsi Cr (VI) dari Larutan, *Jurnal Kimia*, 2008; Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik. Universitas Indonesia, Jakarta.
- [3] Ni'mah.; Lailun, Y. dan Ulfan, I. Penurunan Kadar Tembaga dalam Larutan Dengan Menggunakan Biomassa Bulu Ayam. *Jurnal Kimia*. 2007; 2(1), 57-66.
- [4] Shofiyani, A. dan Gusrizal. Pengaruh pH dan Penentuan Kapasitas Adsorpsi Logam Berat pada Biomassa Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*), Universitas Tanjungpura Pontianak. *Indo.J.Chem*. 2006; 6(1), 56-60.
- [5] Agus, Dina dan Lisdiana. Memilih dan Mengolah Sayur, Edisi Kedua, Penebar Jakarta: Swadaya; 1995.
- [6] Susilo, S.S. Pengaruh Suhu dan Kadar Unsur Hara Terhadap Pertumbuhan Genjer (*Limnocharis flava*). Bogor: Departemen PUTL; 1977.