

## **Kulit Salak sebagai Biosorben Potensial untuk Pengolahan Timbal(II) dan Cadmium(II) dalam Larutan**

Rahmiana Zein<sup>1\*</sup>, Novrizaldi Wardana<sup>1</sup>, Refilda<sup>2</sup>, Hermansyah Aziz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Analytical Environmental Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Andalas University, Padang Indonesia

<sup>2</sup>Laboratory of Applied Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Andalas University, Padang Indonesia

<sup>3</sup>Laboratory of Physical Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Andalas University, Padang Indonesia

\*Penulis korespondensi: [rzein@sci.unand.ac.id](mailto:rzein@sci.unand.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.24198/cna.v6.n2.17857>

**Abstrak:** Biosorben dari kulit salak (*Salacca sumatrana*) digunakan untuk mempelajari penyerapan Pb(II) dan Cd(II) dalam larutan dengan metode *batch*. Adsorpsi Pb(II) dan Cd(II) menggunakan kulit salak ini dipelajari pada variasi pH, konsentrasi adsorbat dan waktu kontak. Kondisi optimum penyerapan yang diperoleh pH 4 untuk Pb(II) dan 5 untuk Cd(II), konsentrasi adsorbat 1200 mg/L untuk Pb(II) dan 800 mg/L untuk Cd(II), waktu kontak 45 menit untuk Pb(II) dan 15 menit untuk Cd(II). Kapasitas penyerapan dari biosorben kulit salak sebesar 83,33 mg/g untuk Pb(II) dan 27,78 mg/g untuk Cd(II) dengan pola adsorpsi mengikuti isotherm Langmuir dengan koefisien determinasi 0,987 dan 0,937 dan data kinetika mengikuti model pseudo orde kedua. Konsentrasi Pb(II) dan Cd(II) sebelum dan setelah penyerapan ditentukan dengan Spektrometri Serapan Atom (SSA), karakterisasi kulit salak dilakukan dengan FTIR dan SEM. Adsorben kulit salak sangat baik digunakan untuk mengurangi kadar Pb(II) dan Cd(II) dalam larutan.

**Kata kunci:** kulit salak, adsorpsi, logam berat

**Abstract:** Biosorbent of salacca (*Salacca sumatrana*) husk was used to study the sorption of Pb (II) and Cd (II) ion from aqueous solutions by batch method. Adsorption using the salacca husk parameters studied was variation of pH, adsorbate concentration and contact time. The optimum condition adsorption occurred at pH 4 for Pb(II) and 5 for Cd(II), adsorbate concentration 1200 mg/L for Pb(II) and 800 mg/L for Cd(II) and contact time 45 minutes for Pb(II) and 15 minutes for Cd(II). Adsorption capacity of salacca husk biosorbent was 83.33 mg/g for Pb (II) and 27.78 mg/g for Cd (II). This Adsorption follows Langmuir isotherm pattern with determination factor 0.987 and 0.937. Kinetics data follows pseudo-second order model. Pb (II) and Cd (II) concentrations before and after adsorption were analyzed using Atomic Absorption Spectrometer (AAS), characterization of salacca husk was conducted by Fourier Transform Infra Red (FTIR) and Scanning Electron Microscopy (SEM). Adsorbent of salacca husk is potential for decreasing amounts of Pb (II) and Cd (II) in the aqueous solution.

**Keywords:** salacca husk, adsorption, batch, removal of heavy metal

### **PENDAHULUAN**

Pencemaran logam berat karena aktivitas industri seperti pada industri baterai, industri penambangan emas, industri baja dan sebagainya telah mengakibatkan efek buruk terhadap kesehatan manusia dan kerusakan terhadap lingkungan (Moyo *et al.* 2015; Das *et al.* 2008), beberapa contoh logam tersebut adalah timbal (Pb) dan cadmium (Cd). Logam timbal termasuk salah satu logam berat yang sangat beracun sekalipun dalam konsentrasi kecil, maksimal konsentrasi timbal dalam air yang di

syaratkan oleh WHO adalah 0,05mg/L (Suyono *et al.* 2015). Logam timbal (Pb) bila terkontaminasi akan menyebabkan gagal ginjal dan gangguan mental, pada wanita hamil dapat menyebabkan keguguran janin. Sama halnya dengan timbal (Pb), logam berat Cadmium (Cd) juga sangat berbahaya meskipun dalam jumlah yang sangat sedikit, efek yang ditimbulkan jika manusia terkontaminasi logam cadmium (Cd) adalah kanker, infeksi paru-paru, gangguan jantung dan gagal ginjal (Yahaya & Don, 2014; Bobade & Esthiagi, 2015). Ada beberapa

metode untuk mengatasi permasalahan pencemaran akibat logam berat ini antara lain: pertukaran ion, elektrolisis, pengendapan, osmosis balik, ultrafiltrasi dan sebagainya, tetapi metode-metode yang sudah disebutkan tadi memiliki beberapa kelemahan antara lain: mahal, memerlukan waktu yang lama untuk proses pengurangan logam berat dalam limbah, pada metode pengendapan menghasilkan lumpur yang banyak sehingga menimbulkan masalah baru yaitu masalah limbah lumpur yang dihasilkan (Yahaya & Don, 2014; Zein *et al.* 2010; Zein *et al.* 2014; Guyo *et al.* 2015).

Metode lain untuk menghilangkan logam berat dalam limbah ataupun perairan adalah dengan adsorpsi menggunakan biomaterial atau disebut juga biosorpsi, dengan melibatkan banyak gugus fungsi seperti protein, karbohidrat, lignin, dan berbagai biopolimer lainnya (Wu, 2007). Biosorpsi memiliki beberapa kelebihan antara lain biaya murah, efisiensi tinggi, pengoperasian yang sederhana, tidak ada penambahan bahan kimia, biosorben dapat digunakan kembali (regenerasi) dan ramah lingkungan serta teknologi yang efektif dan murah (Ahalya *et al.* 2003; Geethamani *et al.* 2014). Beberapa jenis biomaterial (biosorben) yang sudah digunakan untuk mengurangi limbah logam berat yaitu sekam padi (Munaf & Zein, 1997), kulit biji marula (Moyo *et al.* 2015), kulit pisang (Anayurt *et al.* 2009), kulit jeruk (Duran *et al.* 2008), cangkang kerang (Martin-Lara *et al.* 2016), kulit kacang (Abdelfattah *et al.* 2016). Biji salak sudah pernah digunakan sebagai biomaterial untuk pengurangan logam berat tembaga (Cu), seng (Zn) dan cadmium (Cd) (Munaf *et al.* 2014), sedangkan untuk pengurangan logam berat timbal (Pb) dan cadmium (Cd) menggunakan biomaterial dari kulit salak belum ada dilaporkan. Penelitian kali ini menggunakan biomaterial kulit salak untuk penyerapan ion Pb(II) dan Cd(II) dalam larutan dengan mempelajari pengaruh pH, konsentrasi larutan dan waktu kontak dengan metode *Batch*. Biosorben dikarakterisasi dengan FTIR dan SEM.

## BAHAN DAN METODE

### Persiapan Biosorben

Sampel kulit salak diperoleh dari industri Usaha Kecil dan Menengah didaerah Kota Padang Sidempuan Provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Kulit salak dicuci dengan air, dikering anginkan, kemudian dihaluskan hingga menjadi serbuk. Setelah itu serbuk kulit salak direndam selama dua jam dengan HNO<sub>3</sub> 0,01 M. Selanjutnya, serbuk kulit salak dibilas dengan air destilasi dan dikeringkan. Serbuk kulit salak diayak sesuai ukuran yang diinginkan. Biosorben sudah dapat digunakan. Karakterisasi biosorben kulit salak dilakukan menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam biosorben dan SEM untuk melihat permukaan dari biosorben.

### Karakteristik dari Adsorben

Metode penentuan pH *Point of Zero Charge* (pH<sub>PZC</sub>) dapat dilakukan dengan cara memasukkan kedalam beberapa erlenmeyer masing-masing 20 mL larutan NaNO<sub>3</sub>, kemudian pH larutan diatur 1-8 dengan menggunakan HNO<sub>3</sub> 0,1M atau NaOH 0,1 M. Kemudian dimasukkan biosorben 0,1 g ukuran 160 µm, setelah itu dikocok pada 100 rpm selama 24 jam, pH masing-masing larutan diukur kembali. pH awal disebut pH<sub>0</sub> dan pH akhir disebut pH<sub>f</sub> (Sountharajah *et al.* 2015).

### Adsorbat

Semua bahan kimia pada penelitian ini menggunakan grade analitis. Larutan induk Pb(II) dan Cd(II) 2000 mg/L disiapkan dari Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dan Cd(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> dengan air destilasi. Bahan lain yaitu HNO<sub>3</sub>, NaOH dan larutan buffer digunakan untuk mengatur pH larutan. Pengenceran larutan induk dan persiapan bahan lain menggunakan air destilasi.

### Mekanisme Biosorpsi

Pada sistem *batch* larutan ion logam Pb(II) dan Cd(II) sebanyak 10 mL dimasukkan kedalam Erlenmeyer 250 mL, dengan massa biosorben 0,1 g dan dikocok pada 100 rpm selama 60 menit. Larutan disaring kemudian filtrat dianalisis menggunakan spektrometri serapan atom

Kapasitas penyerapan pada Pb(II) dan Cd(II) ditentukan menggunakan persamaan berikut :

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)V}{m}$$

Persentase penyerapan Pb(II) dan Cd(II) dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$R = \frac{(C_o - C_e)V}{C_o} \times 100\%$$

Dimana q<sub>e</sub> adalah kapasitas penyerapan (mg/g) dari Pb(II) dan Cd(II) yang terserap oleh biosorben kulit salak, C<sub>o</sub> dan C<sub>e</sub> adalah konsentrasi ion logam (mg/L) dalam larutan sebelum dan setelah penyerapan, V adalah volume (L) dari larutan dan m adalah massa (g) biosorben yang digunakan pada penelitian.

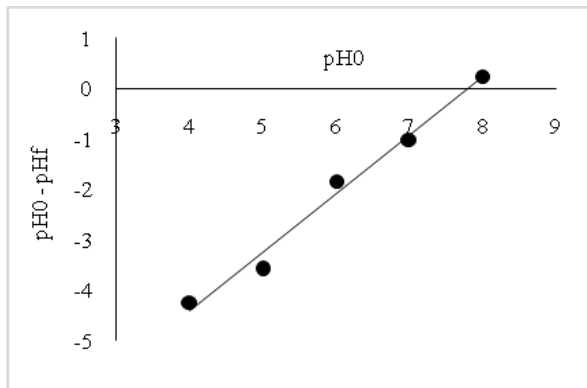
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik dari Adsorben

Karakteristik dari biosorben kulit salak dipelajari dengan menentukan pH *Point of Zero Charge* (pH<sub>PZC</sub>). Karakteristik dari adsorben ini dimaksudkan untuk mengetahui pada rentang pH berapa adsorben berinteraksi dengan ion logam. pH<sub>PZC</sub> dapat ditentukan dengan menggunakan metode adisi garam.

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa pH<sub>PZC</sub> dari kulit salak 7,8 dan hal ini menunjukkan bahwa pada pH dibawah pH<sub>PZC</sub> permukaan adsorben didominasi oleh muatan positif sedangkan pada pH diatas pH<sub>PZC</sub>

permukaan kulit salak didominasi oleh muatan negatif (Geethamani *et al.* 2014).

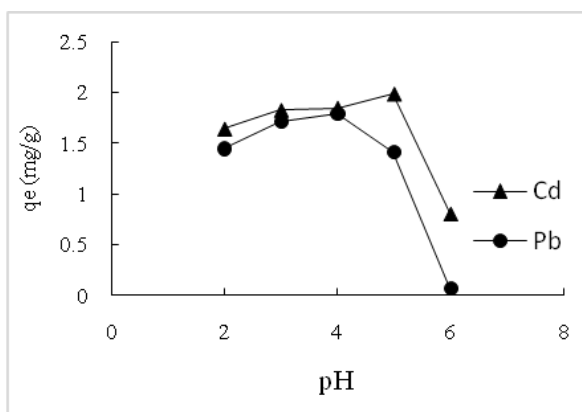


**Gambar 1.** Point of Zero Charge dari adsorben kulit salak

### Pengaruh dari variasi parameter pada proses biosorpsi

#### Pengaruh pH

Salah satu parameter penting untuk adsorpsi ion logam berat adalah pH. Pada larutan, pH berperan dalam protonasi sisi aktif molekul biosorben yang akan mempengaruhi muatan permukaan adsorben dan derajat ionisasi. Pengaruh pH larutan pada biosorpsi Pb(II) dan Cd(II) oleh biosorben kulit salak dipelajari pada pH 2 – 6 dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Pengaruh pH terhadap kapasitas penyerapan Pb(II) dan Cd(II) ( $C_0 = 20$  mg/L, 160  $\mu$ m, 60 menit, 100 rpm)

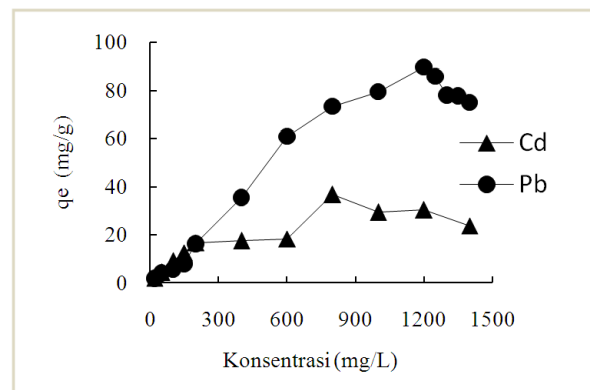
Pada profil pH menunjukkan bahwa kapasitas penyerapan Pb(II) dan Cd(II) pada larutan meningkat dan mencapai kapasitas penyerapan optimum 1,7838 mg/g pada pH 4 untuk Pb(II) dan 1,9886 mg/g pada pH 5 untuk Cd(II).

Dalam banyak kasus, ion logam berat teradsorpsi pada kisaran pH 4 hingga 7 (Lai *et al.* 2010). Pada pH rendah ion hidrogen bersaing dengan ion logam

dalam mengikat sisi aktif biosorben. Meskipun ion hidrogen tidak terikat pada gugus fungsi biosorben pada pH larutan tinggi, pengendapan logam hidroksida juga akan mempengaruhi perhitungan kapasitas adsorpsi (Chao *et al.* 2014).

#### Pengaruh konsentrasi awal larutan

Konsentrasi ion logam sangat mempengaruhi kapasitas serapan pada biosorben. Kapasitas serapan optimum ion logam oleh biosorben menunjukkan banyaknya sisi aktif pada biosorben untuk mengikat ion logam. Pengaruh konsentrasi awal logam pada proses biosorpsi dianalisis dalam rentang 20 – 1400 mg/L untuk Pb(II) dan Cd(II). Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 3.

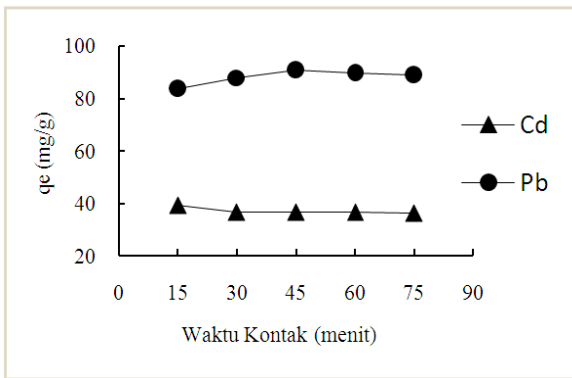


Kapasitas penyerapan ion logam oleh biosorben kulit salak semakin meningkat dengan peningkatan konsentrasi larutan dan mencapai optimum pada konsentrasi 1200 mg/L untuk Pb(II) dengan kapasitas penyerapan 89,6675 mg/g dan 800 mg/L untuk Cd(II) dengan kapasitas penyerapan 36,575 mg/g. Kapasitas penyerapan pada tingkat konsentrasi yang lebih tinggi terjadi penurunan karena semua sisi aktif biosorben telah terikat oleh ion logam dalam larutan sehingga terjadi kejenuhan (Lee *et al.* 2014).

#### Pengaruh waktu kontak

Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan Pb(II) dan Cd(II) dapat dilihat pada Gambar 4.

Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan Pb(II) dan Cd(II) oleh biosorben kulit salak divariasikan antara 15–75 menit. Dari Gambar 4 terlihat bahwa kapasitas penyerapan optimum Pb(II) diperoleh pada waktu 45 menit yaitu sebesar 90,855 mg/g, sementara penyerapan optimum Cd(II) terjadi pada waktu kontak 15 menit yaitu sebesar 39,375 mg/g. waktu kontak optimum untuk Cd(II) selama 15 menit juga diperoleh pada penelitian lain menggunakan biosorben biji salak (Munaf *et al.* 2014).



**Gambar 4.** Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan Pb(II) dan Cd(II) pada kulit salak (pH = 4 untuk Pb(II) dan 5 untuk Cd(II), C = 1200 mg/L untuk Pb(II) dan 800 mg/L untuk Cd(II), ukuran partikel = 160 µm, kec. Pengadukan = 100 rpm)

Pada awal penyerapan sejumlah besar sisi aktif yang kosong tersedia untuk terjadinya proses penyerapan. Semakin lama interaksi antara larutan dengan biosorben maka semakin banyak jumlah ion logam yang terserap pada permukaan kulit salak, sehingga sisi aktif yang tadi tersedia cukup banyak menjadi berkurang. Menurunnya jumlah ion logam yang terserap diakibatkan oleh ketidakstabilan ikatan antara biosorben dengan ion logam sehingga sebagian kecil dari ion logam akan terlepas kembali (Raju *et al.* 2013).

**Isoterm Biosorpsi**

Pembuatan model kesetimbangan biosorpsi penting dilakukan karena dapat memberikan gambaran terhadap hasil pengujian yang dilakukan. Model kesetimbangan biosorpsi menyatakan distribusi adsorbat antara fasa cair dan fasa padat (Onwuka *et al.* 2011). Data kesetimbangan penyerapan Pb(II) dan Cd(II) oleh kulit salak dianalisis dengan isoterm Langmuir dan Freundlich.

**Isoterm Langmuir**

Isotherm Langmuir mengasumsikan adsorpsi *monolayer* (satu lapis) pada permukaan seragam dengan jumlah situs atau tempat penyerapan, setelah situs diisi, tidak ada penyerapan lebih lanjut yang terjadi pada situs tersebut. Persamaan Langmuir dapat digambarkan sebagai berikut (Awwad & Farhan 2012):

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{max}} \cdot C_e + \frac{1}{K_L \cdot q_{max}}$$

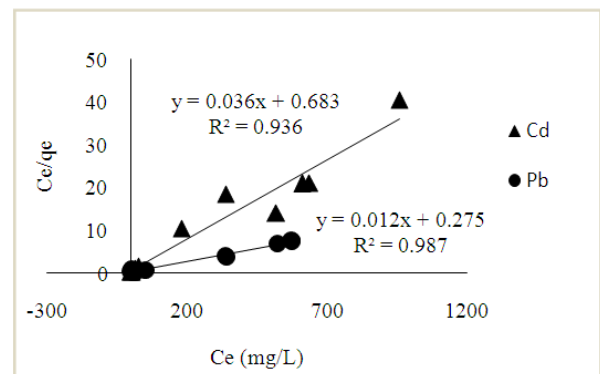
Dimana  $K_L$  adalah konstanta Langmuir terkait dengan energy adsorpsi (L/mg) dan  $q_{max}$  kapasitas penyerapan optimum (mg/g),  $C_e$  adalah konsentrasi ion logam dalam larutan setelah penyerapan.

Nilai-nilai yang diperoleh pada biosorben kulit salak menunjukkan bahwa isotherm Langmuir menggambarkan fenomena biosorpsi yang

menguntungkan. Karakteristik penting dari parameter isoterm Langmuir dapat digunakan untuk memprediksi afinitas antara adsorbat dengan adsorben dengan menggunakan faktor pemisahan atau parameter kesetimbangan ( $R_L$ ) yang dinyatakan dalam persamaan berikut: (Awwad & Farhan 2012)

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L \cdot C_o}$$

Dimana  $K_L$  adalah konstanta Langmuir dan  $C_o$  adalah konsentrasi awal ion logam. Nilai parameter pemisahan ( $R_L$ ) memberikan informasi tentang sifat adsorpsi, apakah adsorpsi menguntungkan atau tidak. Jika  $R_L = 0$  maka adsorpsi bersifat tidak menguntungkan atau irreversibel, jika  $0 < R_L < 1$  mengindikasikan adsorpsi menguntungkan, jika ( $R_L = 1$ ) adsorpsi bersifat linier atau tidak baik, jika  $R_L > 1$  maka adsorpsi tidak menguntungkan (Awwad dan Ahlam, 2012). Dari hasil penelitian diperoleh  $R_L$  0,0204 untuk Pb(II) dan 0,0243 untuk Cd(II), nilai berkisar antara 0-1 yang menunjukkan bahwa kulit salak merupakan biosorben yang efektif untuk menyerap Pb(II) dan Cd(II) karena adsorpsi menguntungkan.



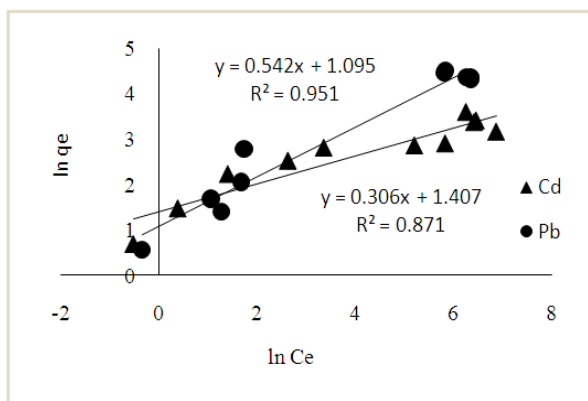
**Gambar 5.** Isoterm Langmuir untuk penyerapan Pb(II) dan Cd(II)

**Isoterm Freundlich**

Model isoterm Freundlich mengasumsikan adsorpsi *multi layer* (banyak lapis) atau heterogen. Isotherm Freundlich mempunyai bentuk persamaan linier berikut (Awwad & Farhan 2012):

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_e$$

Dimana  $K_f$  adalah konstanta Freundlich yang terkait dengan kapasitas penyerapan,  $n$  adalah afinitas adsorpsi. Jika  $n = 1$  maka adsorpsi adalah linier, jika  $n < 1$  adsorpsi kimia dan jika  $n > 1$  adsorpsi fisika. Dari penelitian diperoleh nilai  $n$  untuk Pb(II) 2,09 dan untuk Cd(II) 1,84. Nilai  $n > 1$  maka penyerapan Pb(II) dan Cd(II) oleh biosorben kulit salak termasuk adsorpsi fisika. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dianggap sebagai ukuran untuk menentukan model isoterm pada adsorpsi.



**Gambar 6.** Isoterm Freundlich untuk penyerapan Pb(II) dan Cd(II)

**Tabel 1.** Parameter model isoterm untuk penyerapan ion logam Pb(II) dan Cd(II) oleh kulit salak.

Model Isoterm	Parameter	Pb(II)	Cd(II)
Langmuir	$q_{\max}$ (mg/g)	83,33	27,78
	$K_L$ (L/mg)	0,04	0,05
	$R_L$	0,0204	0,0243
	$R^2$	0,987	0,937
Freundlich	$K_f$ (mg/g)	5,69	2,99
	$n$	2,09	1,84
	$R^2$	0,952	0,871

Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan kapasitas penyerapan optimum kedua model isoterm (Tabel 1) memperlihatkan bahwa percobaan ini cenderung mengikuti isoterm Langmuir dari pada isoterm Freundlich. Hal ini menyatakan bahwa sisi aktif tersebar homogen pada kulit salak dimana Pb(II) dan Cd(II) menutupi permukaan biosorben dengan membentuk satu lapisan (monolayer) dan terikat pada sisi aktif biosorben secara kimia. Kapasitas penyerapan optimum ( $q_{\max}$ ) berdasarkan persamaan Langmuir sebesar 83,33 mg/g untuk Pb(II) dan 27,78 mg/g untuk Cd(II), hasil ini tidak berbeda jauh jika dibandingkan dengan kapasitas penyerapan optimum yang diperoleh dari hasil penelitian yang dapat dilihat pada kapasitas penyerapan optimum untuk variasi konsentrasi awal yaitu sebesar 89,6675 mg/g untuk Pb(II) dan 36,575 mg/g untuk Cd(II) sedangkan kapasitas penyerapan optimum berdasarkan persamaan Freundlich sebesar 5,69 mg/g untuk Pb(II) dan 2,99 mg/g untuk Cd(II).

**Tabel 2.** Parameter model kinetika untuk penyerapan Pb(II) dan Cd(II) oleh kulit salak

Logam	Hasil Penelitian	Pseudo orde pertama			Pseudo orde kedua		
	$q_e$ (mg/g)	$q_e$ (mg/g)	$k_1$ (min <sup>-1</sup> )	$R^2$	$q_e$ (mg/g)	$k_2$ (g/mg.min)	$R^2$
Pb(II)	90,855	7,494	1,958	0,7231	90,909	0,0108	0,9999
Cd(II)	39,375	2,502	0,002	0,7754	36,101	0,0471	0,9999

## Kinetika Biosorpsi

Kinetika kimia adalah tentang kecepatan (laju) reaksi dan bagaimana proses reaksi berlangsung. Kinetika adsorpsi tergantung pada luas permukaan partikel. Kinetika reaksi adsorpsi juga tergantung pada gugus fungsional dan konsentrasi. Untuk meneliti mekanisme adsorpsi, konstanta kecepatan reaksi kimia untuk ion logam, digunakan persamaan sistem pseudo orde pertama dan pseudo orde kedua.

### Model pseudo orde pertama

Model kinetika ini dijelaskan oleh Lagergren dengan persamaan linier berikut (Moyo *et al.* 2015):

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{tk_1}{2,303}$$

Dimana  $q_e$  dan  $q_t$  adalah jumlah ion logam yang teradsorpsi dalam hal ini Pb(II) dan Cd(II) (mg/g) terhadap biosorben kulit salak pada kesetimbangan dan pada waktu  $t$ ;  $k_1$  (min<sup>-1</sup>) konstanta laju reaksi pseudo orde pertama dan  $t$  adalah waktu (menit).

### Model pseudo orde kedua

Model pseudo orde kedua ini mengasumsikan bahwa tingkat penyerapan pada site (pori) biosorben sebanding dengan kuadrat jumlah site (pori) kosong (Moyo *et al.* 2015). Bentuk linier dari model ini adalah :

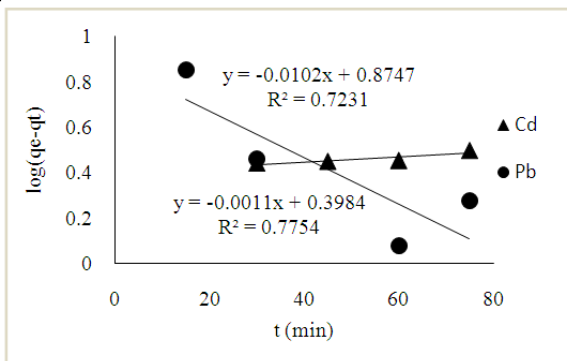
$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{q_e^2 k_2} + \frac{t}{q_e}$$

Dimana  $k_2$  adalah konstanta laju reaksi pseudo orde kedua (g/mg.min). Nilai  $q_e$  dan  $k_2$  ditentukan dari persamaan linier dengan memplot ( $t/q_t$ ) versus  $t$ . Plot model pseudo orde pertama dan pseudo orde kedua untuk penyerapan Pb(II) dan Cd(II) oleh biosorben kulit salak ditampilkan pada Gambar 7 dan Gambar 8. Parameter pada kinetika adsorpsi disajikan pada Tabel 2.

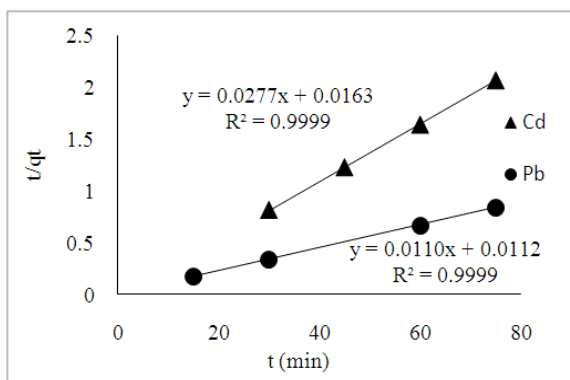
Koefisien determinasi untuk pseudo orde pertama adalah  $R^2 = 0,7231$  untuk Pb(II) dan 0,7754 untuk Cd(II) dengan nilai prediksi untuk kapasitas penyerapan ( $q_e$ ) sebesar 7,494 mg/g untuk Pb(II) dan 2,502 mg/g untuk Cd(II) dengan konstanta laju reaksi ( $k_1$ ) 1,958 min<sup>-1</sup> untuk Pb(II) dan 0,002 min<sup>-1</sup> untuk Cd(II). Koefisien determinasi untuk pseudo orde kedua adalah  $R^2 = 0,9999$  untuk Pb(II) dan Cd(II), konstanta laju reaksi ( $k_2$ ) 0,0108 g/mg. min untuk



Pb(II) dan 0,0471 g/mg.min untuk Cd(II), nilai prediksi kapasitas penyerapan ( $q_e$ ) pada pseudo ordekedua sebesar 90,909 mg/g untuk Pb(II) dan 36,101 mg/g untuk Cd(II) lebih mendekati hasil penelitian yang dapat dilihat pada variasi waktu kontak untuk kapasitas penyerapan yaitu 90,855 mg/g untuk Pb(II) dan 39,375 mg/g untuk Cd(II) dan oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa proses biosorpsi untuk Pb(II) dan Cd(II) mengikuti reaksi pseudo orde kedua.



**Gambar 7.** Kinetika Pseudo orde pertama untuk Pb(II) dan Cd(II)



**Gambar 8.** Kinetika Pseudo orde kedua untuk Pb(II) dan Cd(II)

### Analisis Biosorben Menggunakan FTIR

Karakterisasi biosorben menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada biosorben kulit salak, Gugus fungsi berperan dalam penyerapan logam berat oleh biosorben. Analisis dilakukan dengan melihat perubahan bilangan gelombang. Pada penelitian ini karakterisasi terhadap biosorben kulit salak dilakukan pada biosorben yang belum berinteraksi dengan ion logam, sudah berinteraksi dengan Cd(II), dan sudah berinteraksi dengan Pb(II).

Spektra 3320  $\text{cm}^{-1}$  (spektrum a) menunjukkan keberadaan gugus fungsi hidroksil (Sarma *et al.* 2015). Spektra 2921  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi

regangan pada alifatik jenuh C-H yang terdapat pada selulosa dan hemiselulosa. Spektra 1619  $\text{cm}^{-1}$  menandakan adanya gugus fungsi C=O (Suyono *et al.* 2015; Farnella *et al.* 2007). Spektra 2340  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan terdapat vibrasi regangan N-H, spektra 1955  $\text{cm}^{-1}$  mengisyaratkan adanya ikatan rangkap dua (alkena) pada biosorben (El-Zawawy 2006).

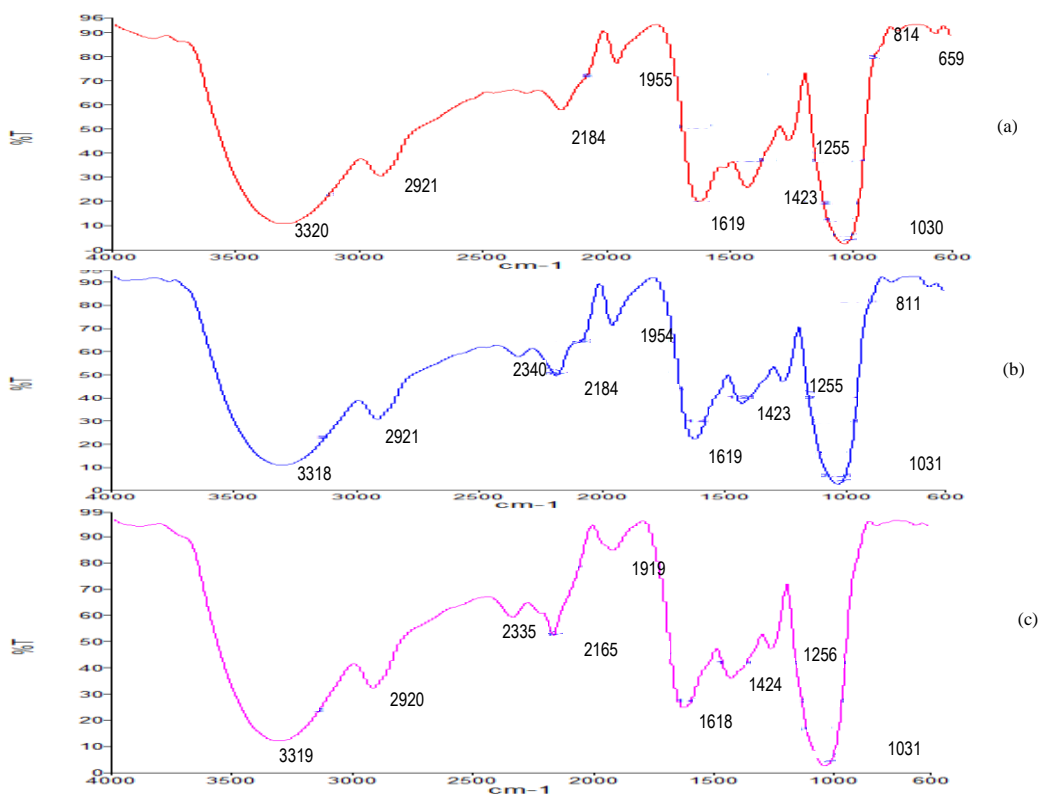
Spektra 1423  $\text{cm}^{-1}$  adalah vibrasi regangan simetris dari C=O dalam gugus karboksilat (Gañán *et al.* 2004). Spektra pada angka gelombang 1255  $\text{cm}^{-1}$  terdapat vibrasi regangan C-O dari alkohol alifatik primer dan sekunder dalam selulosa, hemiselulosa dan lignin (Adrian *et al.* 2015). Spektra 1030  $\text{cm}^{-1}$  terdapat CH<sub>2</sub>OH pada alkohol primer (El-Zawawy 2006), spektra 814  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan  $\beta$ -glykosida dari cincin glukosa pada selulosa (Castro *et al.* 2011) dan spektra 659  $\text{cm}^{-1}$  menandakan terdapat vibrasi dari cincin pyranosa (Adrian *et al.* 2015).

Penjelasan yang sesuai tentang pergeseran spektrum dan hilangnya puncak dapat digunakan untuk melihat apakah kulit salak berpengaruh terhadap biosorpsi Pb(II) dan Cd(II). Perbedaan spektrum sebelum dan setelah penyerapan dapat diamati pada Gambar 9. Muncul dan hilangnya puncak menunjukkan bahwa terjadinya proses biosorpsi. Pergeseran puncak FTIR sebelum penyerapan dan setelah penyerapan Pb(II) dan Cd(II) menunjukkan bahwa gugus fungsional terlibat dalam proses biosorpsi.

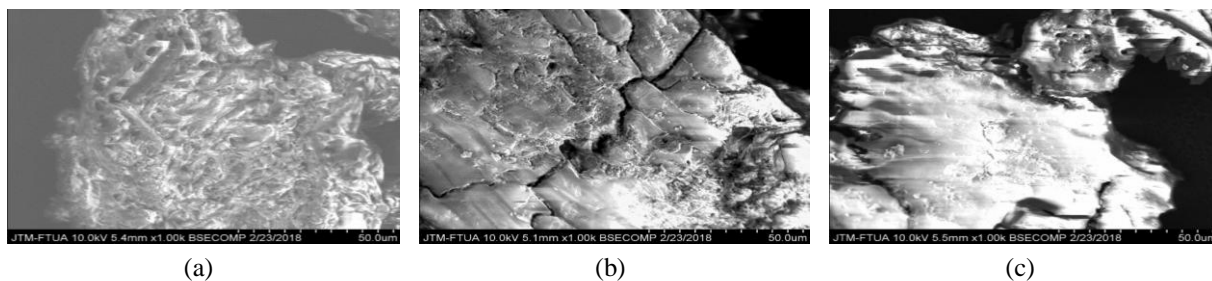
### Aplikasi pada Limbah

Aplikasi pada penelitian biosorpsi ini dilakukan pada limbah laboratorium. Kondisi optimum pada penelitian diterapkan untuk aplikasi terhadap limbah. Biosorben kulit salak mampu menyerap Pb(II) sebesar 54,24 mg/g dan Cd(II) sebesar 10,34 mg/g dari konsentrasi sebelumnya 293,8 mg/L untuk Pb(II) dan 306,4 mg/L untuk Cd(II).

Analisis menggunakan SEM bertujuan untuk melihat morfologi permukaan dari biosorben serbuk kulit salak dengan perbesaran 1000 x. Gambar 10(a) merupakan permukaan sebelum penyerapan ion logam yang masih terdapat banyak pori (site) pada permukaannya. Gambar 10(b) merupakan permukaan biosorben setelah penyerapan ion logam Pb(II), Gambar 10(c) merupakan permukaan biosorben setelah penyerapan ion logam Cd(II). Pada Gambar 10(b) dan 10(c) adalah permukaan adsorben setelah menyerap ion logam berat dimana pori (site) pada permukaan adsorben menjadi lebih kecil, hal ini menunjukkan bahwa ion logam telah terserap oleh adsorben (Suyono *et al.* 2015).



**Gambar 9.** Spektrum FTIR dari biosorbent kulit salak : (a). sebelum penyerapan, (b). setelah penyerapan Cd(II), (c). setelah penyerapan Pb(II)



**Gambar 10.** Gambar Scanning Electron Microscopy dari biosorbent kulit salak perbesaran 1000x: (a). sebelum penyerapan, (b). setelah penyerapan Pb(II), (c). setelah penyerapan Cd(II)

## KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian maka dapat disimpulkan

- Kondisi optimum yang diperoleh pada penelitian antara lain: pH optimum 4 untuk Pb(II) dan 5 untuk Cd(II), konsentrasi optimum 1200 mg/L dan 800 mg/L untuk Pb(II) dan Cd(II), waktu kontak optimum 45 menit untuk Pb(II) dan 15 menit untuk Cd(II).
- Model isoterm biosorpsi menggunakan kulit salak mengikuti model isoterm Langmuir dengan kapasitas penyerapan 83,33 mg/g untuk Pb(II) dan 27,78 mg/g untuk Cd(II).
- Kinetika biosorpsi menggunakan kulit salak mengikuti model kinetika pseudo orde kedua dengan kapasitas penyerapan 90,909 mg/g untuk

Pb(II) dan 36,101 mg/g untuk Cd(II) hasil ini tidak jauh berbeda dengan hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu 90,855 mg/g untuk Pb(II) dan 39,375 untuk Cd(II).

- Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa biosorbent kulit salak potensial digunakan untuk menyerap Pb(II) dan Cd(II) dalam larutan dan limbah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Riset dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian ini sesuai dengan nomor penugasan surat: 050/SP2H/LT/DRPM/2018.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelfattah, I., Ismail, A.A., Al Sayed, F., Almedolab, A. & Aboelghait, K.M. (2016). Biosorption of heavy metals ions in real industrial wastewater using peanut husk as efficient and cost effective adsorbent. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. 6: 176-183..
- Adrian, Fachrial, E., Almahdy, Syaifullah, Munaf, E. & Zein, R. (2015) Biosorption of cadmium (II) ions from aqueous solution by cassava (*Manihot utilissima*) leaves. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 7(9S): 1-8.
- Ahalya, N., Ramachandra, T.V. & Kanamadi, R.D. (2003). Biosorption of heavy metals. *Research Journal of Chemistry and Environment*. 7(4): 71-79.
- Anayurt, R.A., Sari, A. & Tuzen, M. (2009). Equilibrium, thermodynamic and kinetic studies on biosorption of Pb (II) and Cd (II) from aqueous solution by macrofungus (*Lactarius scrobiculatus*) biomass. *Chemical Engineering Journal*. 151(1-3): 255-261.
- Awwad, A. M. & Farhan, A.M. (2012). Equilibrium and kinetic studies of Cd(II) and Pb(II) ions biosorption onto olive leaves powder. *American Journal of Chemistry*. 2(4): 238-244
- Bobade, V. & Eshtiagi, N. (2015). Heavy metals removal from wastewater by adsorption process: A review. In Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress 2015: APCChE 2015, incorporating CHEMECA 2015 (p. 312). Engineers Australia.
- Castro, R.S., Caetano, L., Ferreira, G., Padilha, P.M., Saeki, M.J., Zara, L.F., Martines, M.A.U. & Castro, G.R. (2011). Banana peel applied to the solid phase extraction of copper and lead from river water: preconcentration of metal ions with a fruit waste. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 50(6): 3446-3451.
- Chao, H.P., Chang, C.C. & Nieva, A. (2014). Biosorption of heavy metals on *Citrus maxima* peel, passion fruit shell, and sugarcane bagasse in a fixed-bed column. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 20(5): 3408-3414.
- Das, N., Vimala, R. & Karthika, P. (2008) Biosorption of Heavy Metals – An Overview. *Indian Journal of Biotechnology*. 7(2): 159-169
- Duran, A., Soylak, M. & Tuncel, S.A. (2008). Poly (vinyl pyridine-poly ethylene glycol methacrylate-ethylene glycol dimethacrylate) beads for heavy metal removal. *Journal of Hazardous Materials*. 155(1-2): 114-120.
- El-Zawawy, W.K. (2006). Blended graft copolymer of carboxymethyl cellulose and poly (vinyl alcohol) with banana fiber. *Journal of Applied Polymer Science*. 100(3): 1842-1848.
- Farinella, N.V., Matos, G.D. & Arruda, M.A.Z. (2007). Grape bagasse as a potential biosorbent of metals in effluent treatments. *Bioresource Technology*. 98(10): 1940-1946.
- Gañán, P., Cruz, J., Garbizu, S., Arbelaz, A. & Mondragon, I. (2004). Stem and bunch banana fibers from cultivation wastes: Effect of treatments on physico-chemical behavior. *Journal of Applied Polymer Science*. 94(4): 1489-1495.
- Geethamani, C.K., Ramesh, S.T., Gandhimathi, R. & Nidheesh, P.V. (2014). Alkali-treated fly ash for the removal of fluoride from aqueous solutions. *Desalination and Water Treatment*. 52(19-21): 3466-3476.
- Guyo, U., Mhonyera, J. & Moyo, M. (2015). Pb (II) adsorption from aqueous solutions by raw and treated biomass of maize stover—a comparative study. *Process Safety and Environmental Protection*. 93: 192-200.
- Lai, Y.L., Thirumavalavan, M. & Lee, J.F. (2010). Effective adsorption of heavy metal ions ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ) from aqueous solution by immobilization of adsorbents on Ca-alginate beads. *Toxicological and Environmental Chemistry*. 92(4): 697-705.
- Lee, S.M. & Tiwari, D. (2014). Sericite in the remediation of Cd (II)-and Mn (II)-contaminated waters: batch and column studies. *Environmental Science and Pollution Research*. 21(5): 3686-3696.
- Martín-Lara, M.A., Blázquez, G., Calero, M., Almendros, A.I. & Ronda, A. (2016). Binary biosorption of copper and lead onto pine cone shell in batch reactors and in fixed bed columns. *International Journal of Mineral Processing*, 148: 72-82.
- Moyo, M., Guyo, U., Mawenyiyo, G., Zinyama, N.P. & Nyamunda, B.C. (2015). Marula seed husk (*Sclerocarya birrea*) biomass as a low cost biosorbent for removal of Pb (II) and Cu (II) from aqueous solution. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 27: 126-132.
- Munaf, E. & Zein, R. (1997). The use of rice husk for removal of toxic metals from waste water. *Environmental Technology*. 18(3): 359-362.
- Munaf, E., Hayuni, F., Zein, R., Suyani, H. (2014). The use of snake fruit (*Salacca sumatrana*) seeds powder for the removal of Cd(II), Cu(II) and Zn(II) ions from environmental water. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 5(2): 1535- 1543.
- Nasution, A.N., Amrina, Y., Zein, R., Aziz, H. & Munaf, E. (2015). Biosorption characteristics of Cd(II) ions using herbal plant of mahkota dewa



- (*Phaleria macrocarpa*). *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 7(7): 189-196.
- Onwuka, J.C., Ajibola, V.O., Kagbu, J.A. & Manji, A.J. (2011), Biosorption of Cr(VI) and Co(II) ions from synthetic wastewater using dead biomass of fresh water green algae *Cosmarium panamense*. *Archives of Applied Science Research*, 3(6):191-207.
- Raju, D.S.S.R., Kiran, G.R. & Rao, D.V. (2013). Comparison studies on biosorption of lead (II) from an aqueous solution using anacardium occidentale and carica papaya leaves powder. *Journal of Emerging Trends In Engineering and Development*, 3: 273-283.
- Sarma, P.J., Kumar, R. & Pakshirajan, K., 2015. Batch and continuous removal of copper and lead from aqueous solution using cheaply available agricultural waste materials. *International Journal of Environmental Research*. 9(2): 635-648.
- Sounthararajah, D.P., Loganathan, P., Kandasamy, J. & Vigneswaran, S. (2015). Effects of humic acid and suspended solids on the removal of heavy metals from water by adsorption onto granular activated carbon. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 12(9): 10475-10489.
- Suyono, T., Yuser, M.A., Munaf, E., Aziz, H., Tjong, D.H. & Zein, R. (2015). Removal of Pb(II) ions by using papaya (*Carica papaya* L) leaves and petai (*Parkia speciosa* Hassk) peels as biosorbent. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 7(9): 100-106.
- Wu, J. & Yu, H.Q. (2007). Biosorption of 2, 4-dichlorophenol by immobilized white-rot fungus *Phanerochaete chrysosporium* from aqueous solutions. *Bioresource Technology*: 98(2): 253-259.
- Yahaya, Y.A. & Don, M.M. (2014). *Pycnoporus sanguineus* as potential biosorbent for heavy metal removal from aqueous solution: A review. *Journal of Physical Science*. 25(1): 1-32.
- Zein, R., Hidayat, D.A., Elfia, M., Nazarudin, N. and Munaf, E. (2014). Sugar palm *Arenga pinnata* Merr (Magnoliophyta) fruit shell as biomaterial to remove Cr (III), Cr (VI), Cd (II) and Zn (II) from aqueous solution. *Journal of Water Supply: Research & Technology-AQUA*, 63(7): 553-559.
- Zein, R., Suhaili, R., Earnestly, F. & Munaf, E. (2010). Removal of Pb (II), Cd (II) and Co (II) from aqueous solution using *Garcinia mangostana* L. fruit shell. *Journal of Hazardous Materials*. 181(1-3): 52-56.