

**PENGARUH ION  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{3+}$  TERHADAP PEYERAPAN LOGAM  $\text{Pb}^{2+}$  MENGGUNAKAN KULIT PISANG KEPOK (*Musa Paradisiaca L*) SEBAGAI BIOSORBEN**

**Delvia Yollanda<sup>\*1</sup>, Edi Nasra<sup>2</sup>, Desy Kurniawati<sup>2</sup>,  
Indang Dewata<sup>2</sup>, Umar Kalmar Nizar<sup>3</sup>**

<sup>2</sup>KBK Kimia Analitik Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Negeri Padang

<sup>3</sup>KBK Kimia Fisika Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas  
Negeri Padang

Jln.Prof.Dr.Hamka Air Tawar Padang, Indonesia Telp.0751 7057420

Email: [Delviayollanda9@gmail.com](mailto:Delviayollanda9@gmail.com)

**Abstract**

*The research has done on the effect of  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  and  $\text{Cr}^{3+}$  ions on the absorption of metal  $\text{Pb}^{2+}$  by using kepok banana peel as biosorbent. The parameters are determined the effect of concentrations of ions  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  and  $\text{Cr}^{3+}$  which can affect the absorption process of metal  $\text{Pb}^{2+}$ . With variatious concentration of disrupting ions 40 ppm, 80 ppm, 160 ppm, 240 ppm, 400 ppm. The result of research has showed the increasing the concentration of ions  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{Zn}^{2+}$  and reduce the absorption of metal  $\text{Pb}^{2+}$  with a percentage of reduction in each absorption of 3.126% and 7.274%. Addition of ions  $\text{Cd}^{2+}$  and  $\text{Cr}^{3+}$  to the absorption of metal  $\text{Pb}^{2+}$  tends to disrupt at a concentration of 80 ppm, 160 ppm and 240 ppm with a percentage of decrease in absorption of 0.344% and 1.594%. The variation of concentration in increasing of irritation ions decreases the absorption capacity of metal  $\text{Pb}^{2+}$  in the biosorbent of kepok banana peel, which is influenced by the level of ionic radius.*

*Keywords – biosorption, metal Pb, Kepok Banana Peel*

**PENDAHULUAN**

Pencemaran lingkungan yang disebabkan karena pembuangan limbah yang tidak diolah terlebih dahulu menyebabkan masalah yang serius pada kesehatan, keselamatan dan kehidupan makhluk hidup di perairan tersebut. Salah satu pencemaran lingkungan tersebut adalah pencemaran oleh logam berat. Logam berat merupakan elemen dari berbagai bidang industri, pertanian, domestik yang menyebabkan distribusinya yang luas di lingkungan (Radaideh, Abdulgader, and Barjenbruch 2017).

Pembuangan limbah yang mengandung logam berat dengan konsentrasi tinggi memiliki efek serius pada lingkungan dan merugikan, karna hasil kegiatan manusia secara langsung maupun tidak langsung seperti industrialisasi, urbanisasi dan sumber antropogenik (Jayanthi, Senthilkumar, and Sivasankar 2015). Logam berat adalah unsur yang memiliki kepadatan dan berat atom relatif yang tinggi dengan nomor atom yang lebih besar dari 20 yang dapat mencemari lingkungan yaitu seperti logam Pb (Timbal) yang biasa ditemukan pada perangkat untuk melindungi dari sinar X, industri listrik, industri baja, elektroplating dan bahan peledak. Toksisitas logam Pb yang tinggi dapat bersifat racun bagi kesehatan manusia yang dapat menyebabkan kanker, gangguan sel syaraf, ginjal dan kesehatan

mental (Bilal, Rasheed, and Eduardo 2018). Selain itu menyerang sistim reproduksi pria dan mengakibatkan penyimpangan tulang pada anak-anak (Deshmukh et al. 2017).

Limbah industri yang mengandung logam Pb (Timbal) di buang ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu, sehingga sangat dibutuhkan beberapa metoda kimia yang telah di teliti untuk menghilangkan kandungan logam berat yang terdapat pada industri, diantaranya pertukaran ion (ion exchange), filtrasi membran, proses oksidasi kimia, proses kimia precipitation, koagulasi – flokulasi (Massimi et al. 2018). Namun metoda ini kurang efektif karena menimbulkan produksi limbah sekunder, biaya operasional yang mahal, waktu yang lama dan tidak mampu menghilangkan tingkat logam berat ion logam, sehingga diperlukan metoda alternatif yaitu biosorpsi metoda efektif dan banyak digunakan karena output yang lebih tinggi, hemat biaya dan tidak menimbulkan efek samping beracun serta mampu menghilangkan bahan-bahan organik.

Metoda Biosorpsi adalah metoda cepat dan reversible dalam penyerapan logam dengan biomassa yang terjadi antara mikroorganisme hidup dan mati, dalam metoda biosorpsi telah ditemukan biosorben yang kaya ligan organik dan gugus fungsi dapat berperan sebagai pengikat logam berat seperti kulit pisang (Kurniasari and Riwayati 2012), kulit jeruk, kulit manggis, kulit durian (Saxena et al. 2017), jagung, sekam padi (Giannakoudakis et al. 2018). Dalam penelitian ini digunakan kulit pisang kepok sebagai biosorben dalam penghilangan logam berat. Kulit pisang kepok mengandung beberapa komponen kimia seperti selulosa, hemiselulosa, zat pektin dan gugus aktif amino, gugus hidroksil, gugus karboksil yang dapat mengikat dan menarik logam berat pada biomassa biomassa (Kurniasari and Riwayati 2012).

Penyerapan logam berat  $Pb^{2+}$  dipengaruhi oleh kehadiran ion pengganggu seperti  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  dan  $Cr^{3+}$ , dimana akan terjadi kompetisi diantara ion logam  $Pb^{2+}$  dengan ion pengganggu dalam larutan berair. Untuk berikatan dengan kulit pisang kepok sebagai biosorben. Sehingga menyebabkan reaksi di luar rentang batas, oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan analisis pengaruh ion logam  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  dan  $Cr^{3+}$  pada logam Pb dengan kulit pisang kepok menggunakan metoda kolom.

## METODA PENELITIAN

### Alat dan Bahan

#### Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat gelas seperti gelas piala, batang pengaduk, labu ukur, gelas ukur, pipet ukur, pipet takar, kolom, neraca analitik, corong, kertas pH, Spektrofotometer Serapan Atom.

#### Bahan

Bahan – bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit pisang kepok, Aquades,  $Zn(NO_3)_2$ ,  $Cu(NO_3)_2$ , kertas saring,  $Pb(NO_3)_2$ ,  $CdCl_2 \cdot 5H_2O$ , Natrium Asetat, Larutan Asam Asetat, Larutan Buffer Asetat pH 3 dan Larutan Buffer Asetat pH 5.

#### A. Mempersiapkan Adsorben

Sampel Kulit Pisang Kepok dicuci dengan aquades, dikeringkan anginkan, dihaluskan dan diayak dengan ayakan ukuran partikel tertentu. Kemudian adsorben direndam dengan  $HNO_3$  selama 2 jam, dicuci sampai keadaan netral.

#### B. Perlakuan Pengaruh Ion $Cu^{2+}$ , $Zn^{2+}$ , $Cd^{2+}$ dan $Cr^{3+}$ pada penyerapan logam $Pb^{2+}$

##### 1. Pengaruh Ion $Cu^{2+}$ pada penyerapan logam $Pb^{2+}$ .

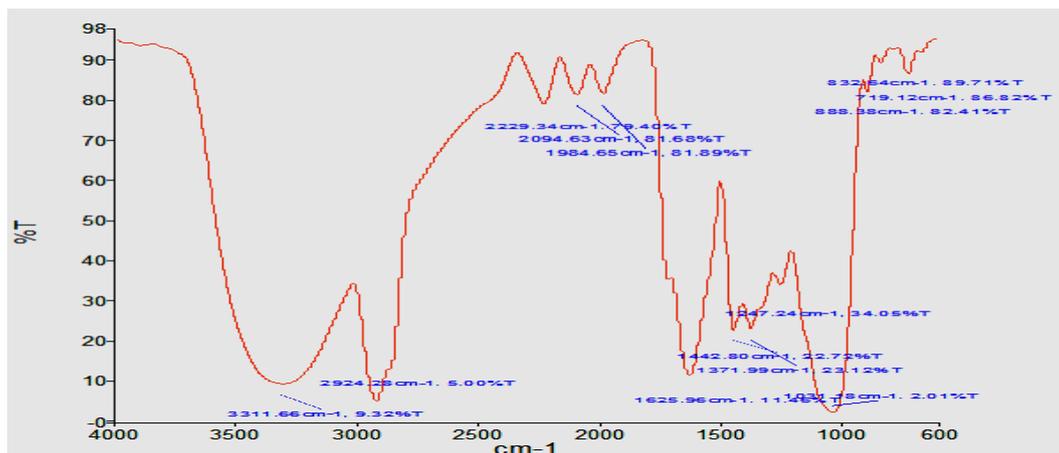
Sebanyak 12,5 ml Larutan Pb 1000 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 25 ml. Tambahkan Ion  $Cu^{2+}$  1000 ppm dengan variasi konsentrasi 40 ppm, 80 ppm, 160 ppm, 240 ppm, 400 ppm. Kemudian ditambahkan Buffer Asetat pH 3 sampai tanda batas.

- Penentuan jumlah logam yang terserap dilakukan dengan mengukur konsentrasi larutan Pb (II) sebelum dan setelah dikontakkan dengan biosorben.
2. Pengaruh Ion  $Zn^{2+}$  pada penyerapan logam  $Pb^{2+}$ .  
Sebanyak 12,5 ml Larutan Pb 1000 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 25 ml. Tambahkan Ion  $Zn^{2+}$  1000 ppm dengan variasi konsentrasi 40 ppm, 80 ppm, 160 ppm, 240 ppm, 400 ppm. Kemudian ditambahkan Buffer Asetat pH 3 sampai tanda batas. Penentuan jumlah logam yang terserap dilakukan dengan mengukur konsentrasi larutan Pb (II) sebelum dan setelah dikontakkan dengan biosorben.
  3. Pengaruh Ion  $Cd^{2+}$  pada penyerapan logam  $Pb^{2+}$ .  
Sebanyak 12,5 ml Larutan Pb 1000 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 25 ml. Tambahkan Ion  $Cd^{2+}$  1000 ppm dengan variasi konsentrasi 40 ppm, 80 ppm, 160 ppm, 240 ppm, 400 ppm. Kemudian ditambahkan Buffer Asetat pH 3 sampai tanda batas. Penentuan jumlah logam yang terserap dilakukan dengan mengukur konsentrasi larutan Pb (II) sebelum dan setelah dikontakkan dengan biosorben.
  4. Pengaruh Ion  $Cr^{3+}$  pada penyerapan logam  $Pb^{2+}$ .  
Sebanyak 12,5 ml Larutan Pb 1000 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 25 ml. Tambahkan Ion  $Cr^{3+}$  dengan variasi konsentrasi 40 ppm, 80 ppm, 160 ppm, 240 ppm, 400 ppm. Kemudian ditambahkan Buffer Asetat pH 3 sampai tanda batas. Penentuan jumlah logam yang terserap dilakukan dengan mengukur konsentrasi larutan Pb (II) sebelum dan setelah dikontakkan dengan biosorben.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Analisa FTIR Kulit Pisang Kepok

FTIR adalah suatu teknik analisa untuk mendeteksi kelompok fungsional kimia yang terdapat pada permukaan adsorben dan memberikan informasi mekanisme pengikatan antara kelompok fungsional yang terdapat pada biomassa dalam interaksi dengan ion logam (Nasra, Kurniawati, and Bahrizal 2017).



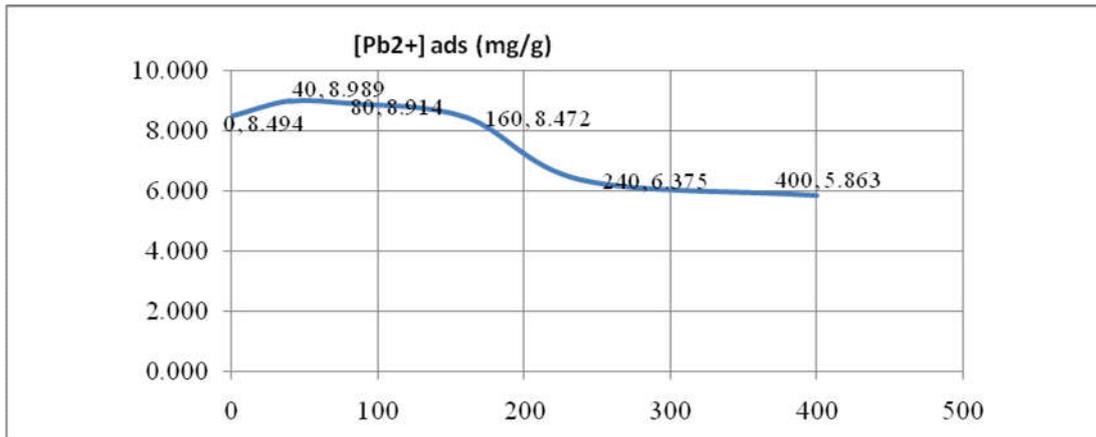
Gambar 1. Biomassa Kulit Pisang Kepok sesudah Aktivasi dengan  $HNO_3$  0,1 M selama 2 jam

Karakteristik kulit pisang kepok menggunakan FTIR melalui absorbansi inframerah untuk mengenali gugus fungsi pada biomassa. Pada gambar 1 dapat dilihat, puncak gugus hidroksi (-OH) muncul pada panjang gelombang  $3296\text{ cm}^{-1}$  dan  $3311\text{ cm}^{-1}$  karena bebas

dari senyawa polimer seperti alkohol dan asam karboksilat. Pada panjang gelombang 2926,13 cm terjadi peregangan C-H dan puncak 1600,21 cm<sup>-1</sup> adalah ester karboksil.

## 2. Pengaruh Ion Cu<sup>2+</sup> pada penyerapan logam Pb<sup>2+</sup>.

Penyerapan logam berat Pb<sup>2+</sup> menggunakan kulit pisang kepok juga dapat dipengaruhi oleh kehadiran ion logam seperti ion Cu<sup>2+</sup>. Hal ini menyebabkan adanya kompetisi antar logam Cu dan Pb pada proses penyerapan oleh kulit pisang kepok. Untuk melihat pengaruh ion Cu<sup>2+</sup> terhadap penyerapan logam Pb<sup>2+</sup> dilakukan dengan memvariasikan ion volume Cu<sup>2+</sup> dari 40 ppm, 80 ppm, 160 ppm, 240 ppm, 400 ppm. Dapat dilihat pada gambar 2.

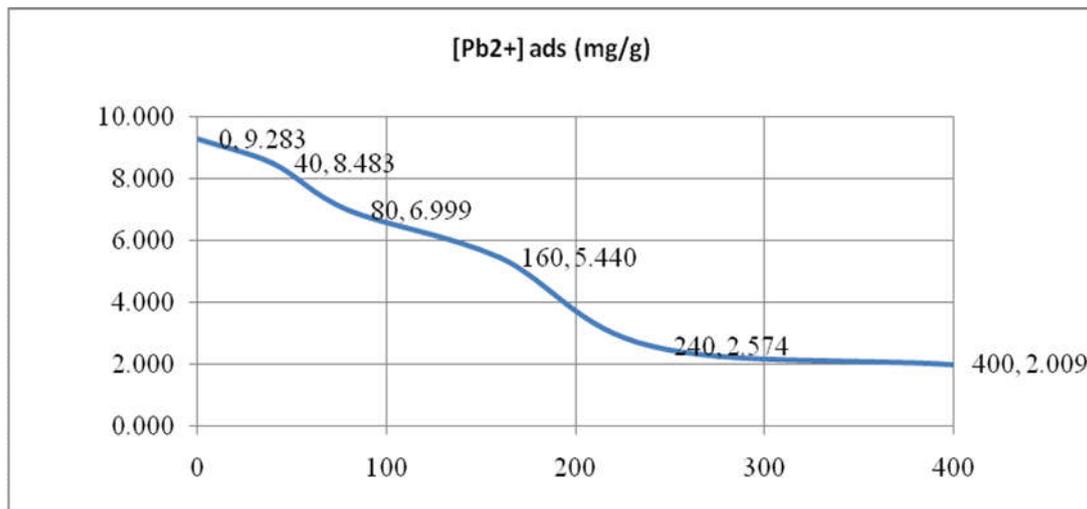


Gambar 2. Pengaruh Ion Cu<sup>2+</sup> pada penyerapan logam Pb<sup>2+</sup>

Berdasarkan grafik yang diperoleh dapat dilihat kapasitas penyerapan logam Pb<sup>2+</sup> mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya konsentrasi ion Cu<sup>2+</sup>. Pada penambahan konsentrasi ion Cu<sup>2+</sup> 40 ppm penyerapan sebesar 8,989 (mg/g), pada konsentrasi ion Cu<sup>2+</sup> 400 ppm menurun hingga penyerapan sebesar 5,863 (mg/g). Sehingga dapat disimpulkan terjadinya kompetisi antara logam Pb<sup>2+</sup> dengan logam Cu<sup>2+</sup>. Hal ini disebabkan karena ion Cu<sup>2+</sup> memiliki jari-jari ion sebesar 0,96 Å yang lebih kecil dibandingkan jari-jari ion logam Pb<sup>2+</sup> sebesar 1,20 Å. Dengan jari-jari ion Cu<sup>2+</sup> yang kecil, maka ion Cu<sup>2+</sup> lebih mudah masuk ke dalam antar ruang selulosa pada permukaan kulit pisang kepok, karena dengan jari-jari ion yang lebih besar maka akan lebih sulit teradsorpsi. Maka dapat disimpulkan penambahan ion Cu<sup>2+</sup> dapat menurunkan persentase kapasitas penyerapan logam Pb<sup>2+</sup> sebesar 34,77 %, karena ion Cu<sup>2+</sup> akan dulu masuk ke dalam pori-pori biosorben dibandingkan logam Pb<sup>2+</sup> (Kendro et, all. 2018).

## 3. Pengaruh Ion Zn<sup>2+</sup> pada penyerapan logam Pb<sup>2+</sup>.

Penyerapan ion logam Pb<sup>2+</sup> yang memanfaatkan kulit pisang kepok sebagai biosorben juga dapat dipengaruhi oleh kehadiran ion pengganggu Zn<sup>2+</sup> dengan variasi konsentrasi 40 ppm, 80 ppm, 160 ppm, 240 ppm, 400 ppm. Sehingga menyebabkan terjadinya kompetisi diantara kedua logam untuk masuk ke dalam pori-pori kulit pisang kepok. Dapat dilihat pada gambar 3.

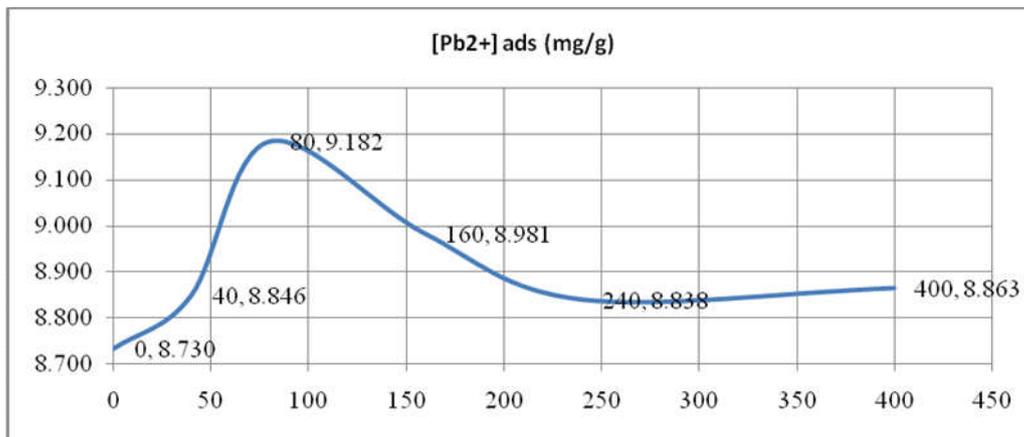


Gambar 3. Pengaruh Ion Zn<sup>2+</sup> pada penyerapan logam Pb<sup>2+</sup>.

Berdasarkan grafik yang diperoleh dapat dilihat terjadinya penurunan yang signifikan pada penyerapan logam Pb<sup>2+</sup> seiring dengan bertambah tingginya konsentrasi ion Zn<sup>2+</sup> yang ditambahkan. Penurunan mulai terjadi saat konsentrasi ion Zn<sup>2+</sup> 40 ppm, sehingga kapasitas penyerapan Pb<sup>2+</sup> sebesar 8,483 (mg/g) hingga terus mengalami penurunan sampai penambahan konsentrasi ion pengganggu 400 ppm, sehingga kapasitas penyerapan Pb<sup>2+</sup> mengalami penurunan menjadi 2,009 (mg/g). Maka dapat disimpulkan adanya kehadiran ion Zn<sup>2+</sup> dapat menurunkan persentase kapasitas penyerapan logam Pb<sup>2+</sup> sebesar 78,36 %, karena terjadi kompetisi antara kedua logam dalam pembentukan senyawa kompleks dengan kulit pisang. Hal ini disebabkan oleh perbedaan jari-jari ion diantara kedua logam. Jari-jari ion Pb<sup>2+</sup> (1,20 Å) lebih besar dibandingkan ion Zn<sup>2+</sup> (0,69 Å), sehingga ion logam Zn<sup>2+</sup> akan lebih mudah masuk ke dalam pori-pori kulit pisang kepok dan teradsorpsi, sedangkan Pb<sup>2+</sup> akan sulit teradsorpsi oleh biosorben karena memiliki jari-jari ion yang lebih besar dibandingkan Zn<sup>2+</sup>. Maka pada penyerapan Pb<sup>2+</sup> kapasitas penyerapannya menurun oleh kehadiran ion Zn<sup>2+</sup> (Hala, Suryati, and Taba 2012).

#### 4. Pengaruh Ion Cd<sup>2+</sup> pada penyerapan Pb<sup>2+</sup>.

Pengaruh ion logam Cd<sup>2+</sup> terhadap penyerapan Pb<sup>2+</sup> digunakan variasi volume ion pengganggu dari 40 ppm, 80 ppm, 160 ppm, 240 ppm, 400 ppm. Dapat dilihat pada gambar 4 kapasitas penyerapan logam Pb<sup>2+</sup> terganggu karena adanya ion pengganggu yang menyebabkan kompetisi di antara kedua ion logam tersebut. Penurunan penyerapan logam Pb<sup>2+</sup> cenderung terjadi saat penambahan konsentrasi ion Cd<sup>2+</sup> dari 160 ppm sampai 240 ppm sebesar 8,981 (mg/g) menjadi 8,838 (mg/g), sehingga terjadi penurunan kapasitas serapan sebesar 1,593 % dan kapasitas penyerapan naik pada konsentrasi 400 ppm sebesar 8,863 (mg/g). Dapat disimpulkan ion logam Cd<sup>2+</sup> mengganggu penyerapan logam Pb<sup>2+</sup>, karena tidak terjadi penurunan kapasitas penyerapan yang signifikan.

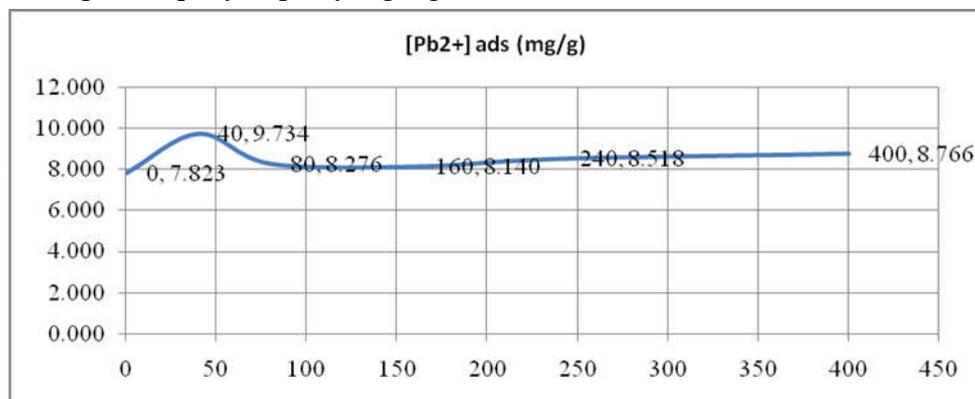


Gambar 4. Pengaruh Ion  $\text{Cd}^{2+}$  pada penyerapan  $\text{Pb}^{2+}$ .

Berdasarkan grafik yang diperoleh dapat dilihat adanya ion pengganggu  $\text{Cd}^{2+}$  mengganggu penyerapan ion logam  $\text{Pb}^{2+}$ . Hal ini disebabkan karena ion logam  $\text{Pb}^{2+}$  memiliki massa molekul relatif yang lebih besar dibandingkan ion  $\text{Cd}^{2+}$ , sehinggamenyebabkan  $\text{Pb}^{2+}$  lebih cepat masuk ke permukaan biosorben dan terserap dibandingkan ion  $\text{Cd}^{2+}$ . Selain itu yang menyebabkan penurunan kapasitas penyerapan logam  $\text{Pb}^{2+}$  pada konsentrasi yang rendah karena jari-jari ion  $\text{Pb}^{2+}$  ( $1,20 \text{ \AA}$ ) lebih besar dibandingkan ion  $\text{Cu}^{2+}$  ( $0,96 \text{ \AA}$ ), sehingga ion  $\text{Cd}^{2+}$  lebih cepat masuk ke dalam ruang kosong selulosa, sedangkan ion  $\text{Pb}^{2+}$  tidak dapat masuk ke dalam ruang kosong selulosa, hanya memiliki peluang untuk berinteraksi di permukaan biosorben saja (Lailiyah, dkk. 2010).

##### 5. Pengaruh Ion $\text{Cr}^{3+}$ pada penyerapan logam $\text{Pb}^{2+}$ .

Penyerapan ion logam  $\text{Pb}^{2+}$  yang memanfaatkan kulit pisang kepok sebagai biosorben juga dapat dipengaruhi oleh kehadiran ion pengganggu  $\text{Cr}^{3+}$  dengan variasi 40 ppm, 80 ppm, 160 ppm, 240 ppm, 400 ppm. Sehingga menyebabkan terjadinya kompetisi diantara kedua logam untuk masuk ke dalam pori-pori kulit pisang kepok. Dapat dilihat pada gambar 5. Penurunan penyerapan logam  $\text{Pb}^{2+}$  cenderung terjadi pada konsentrasi yang rendah saat 80 ppm dan 160 ppm ion  $\text{Cr}^{3+}$  sebesar 8,276 (mg/g) menjadi 8,140 (mg/g) terjadi penurunan serapan sebesar 1,643 % dan kapasitas penyerapan naik pada kenaikan konsentrasi 240 ppm dan 400 ppm sebesar 8,518 (mg/g) menjadi 8,766. Dapat disimpulkan ion logam  $\text{Cr}^{2+}$  tidak terlalu mengganggu pada penyerapan logam  $\text{Pb}^{2+}$ , karena tidak terjadi penurunan kapasitas penyerapan yang signifikan.



Gambar 5. Pengaruh Ion  $\text{Cr}^{3+}$  pada penyerapan  $\text{Pb}^{2+}$ .

Berdasarkan grafik yang diperoleh dapat dilihat adanya ion pengganggu  $\text{Cr}^{2+}$  tidak terlalu mengganggu penyerapan ion logam  $\text{Pb}^{2+}$ . Dimana ion  $\text{Cr}^{3+}$  cenderung mengganggu pada konsentrasi yang rendah. Hal ini disebabkan karena jari-jari ion  $\text{Pb}^{2+}$  ( $1,20 \text{ \AA}^0$ ) lebih besar dibandingkan ion  $\text{Cr}^{3+}$  ( $0,63 \text{ \AA}^0$ ), sehingga ion  $\text{Cr}^{3+}$  lebih cepat masuk ke dalam ruang kosong selulosa, sedangkan ion  $\text{Pb}^{2+}$  tidak dapat masuk ke dalam ruang kosong selulosa, hanya memiliki peluang untuk berinteraksi di permukaan biosorben saja (Lailiyah, dkk. 2010).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

Variasi konsentrasi penambahan ion pengganggu menurunkan kapasitas penyerapan logam  $\text{Pb}^{2+}$  pada biosorben kulit pisang kepok, yang dipengaruhi oleh tingkat jari-jari ion. Kenaikan konsentrasi ion  $\text{Cu}^{2+}$  penyerapan logam  $\text{Pb}^{2+}$  dengan persentase penurunan serapan 34,77 % dan ion  $\text{Zn}^{2+}$  mengakibatkan penurunan serapan  $\text{Pb}^{2+}$  sebesar 78,36%. Penambahan ion  $\text{Cd}^{2+}$  dan ion  $\text{Cr}^{3+}$  pada penyerapan logam  $\text{Pb}^{2+}$  cenderung mengganggu pada konsentrasi 80 ppm, 160 ppm dan 240 ppm dengan persentase penurunan serapan masing-masing 1,593% dan 1,643%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bilal, Muhammad, Tahir Rasheed, and Juan Eduardo. 2018. "Biosorption : An Interplay between Marine Algae and Potentially Toxic Elements — A Review." 65: 1–16.
- Deshmukh, Prashant D, Gajanan K Khadse, Vilas M Shinde, and Pawankumar Labhasetwar. 2017. "Cadmium Removal from Aqueous Solutions Using Dried Banana Peels as An Adsorbent: Kinetics and Equilibrium Modeling." *Journal of Bioremediation & Biodegradation* 08(03).
- Giannakoudakis, Dimitrios A. et al. 2018. "Aloe Vera Waste Biomass-Based Adsorbents for the Removal of Aquatic Pollutants: A Review." *Journal of Environmental Management* 227(May): 354–64.
- Hala, Yusafir, Emma Suryati, and Paulina Taba. 2012. "Biosorpsi Campran Logam  $\text{Pb}^{2+}$  Dan  $\text{Zn}^{2+}$  Oleh *Chaetoceros Calcitrans*." : 86–92.
- Jayanthi, P, P Senthilkumar, and S Sivasankar. 2015. "Interactive Effects of Copper and Zinc Accumulation in *Portulaca Olearcea* Stem Cuttings , through Hydroponics." 6(5): 54–61.
- Kendro Prasetyo1), Yelmida Azis2), Komalasari2). 2018. "Adsorpsi Logam Cd, Cu Dan Pb Dengan Menggunakan Hidroksiapatit (HA) Sebagai Adsorban." 5: 2–5.
- Kurniasari, L, and I Riwayati. 2012. "Pektin Sebagai Alternatif Bahan Baku Biosorben Logam Berat." *Momentum* 8(1): 1–5.
- Lailiyah, N1, Wonorahardjo, S1, Joharmawan, R1. 2010. "Pengaruh Modifikasi Permukaan Selulosa Nata De Coco Dengan Anhidrida Asetat Dalam Mengikat Ion Logam Berat  $\text{Cd}^{2+}$  Dalam Campuran  $\text{Cd}^{2+}$  DAN  $\text{Pb}^{2+}$ ."
- Massimi, Lorenzo et al. 2018. "Efficiency Evaluation of Food Waste Materials for the Removal of Metals and Metalloids from Complex." *L*: 1–15.
- Nasra, Edi, Desy Kurniawati, and Bahrizal. 2017. "Biosorption of Cadmium and Copper Ions from Aqueous Solution Using Banana ( *Musa Paradisiaca* ) Shell as Low-Cost Biosorbent." *International Conference on Chemistry and Engineering in Agroindustry*: 33–36.
- Radaideh, Jamal A, Hassan Al Abdulgader, and Matthias Barjenbruch. 2017. "Evaluation of Absorption Process for Heavy Metals Removal Found in Pharmaceutical Wastewater." *Journal of Medical Toxicology and Clinical Forensic Medicine* 03(02): 1–12.
- Saxena, Abhishek et al. 2017. "Adsorption of Heavy Metals from Wastewater Using Agricultural–industrial Wastes as Biosorbents." *Water Science* 31(2): 189–97.