

## BIOSORPSI ION LOGAM Cd (II) DARI LARUTAN MENGUNAKAN KULIT BUAH PINANG

**Lazulva, Lisa Utami**

*Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
Email: lazulva@gmail.com*

### ABSTRACT

The ability of betel nut skin as a biosorbent at a low cost to remove the metal ions Cd (II) from the solution has been investigated. This study shows the effect of pH of the solution, contact time and initial concentration on the absorption capacity of betel nut skin. The result of measurement of metal ion content of Cd (II) using AAS shows that optimum pH of biosorption is 6 and the optimum contact time is 15 minutes, while the optimum initial concentration of biosorption is 50 ppm. Based on FTIR spectroscopic spectra, it can be concluded that the functional groups which act as binding metal ions Cd (II) by betel nut skin as biosorbent are amine function group (N-H), alcohol (O-H) and carbonyl (C = O). The result of the langmuir isotherm obtained by the price of Q (maximum absorption) for metal Cd is 1.14 mg / g.

### PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat merupakan salah satu masalah lingkungan yang sangat penting di dunia. Logam Pb, Hg, Cd dan Cr tidak memiliki fungsi biologi dan bersifat racun terhadap makhluk hidup walaupun pada konsentrasi rendah. Diantara beberapa logam berat, Cadmium (Cd) adalah polutan logam berat non esensial dan sangat berbahaya. Cadmium berasal dari aktivitas industri seperti *elektroplating*, baterai nikel-cadmium, pewarnaan plastik, industri logam, limbah pengabuan dan pembakaran bahan bakar fosil (Kuntal, et al, 2017).

Cadmium dapat menyebabkan efek yang serius pada fungsi ginjal, tulang dan sistem pernafasan. *International Agency for Research on Cancer (IARC)* menyatakan bahwa Cadmium bersifat karsinogen (penyebab kanker) paru-paru nomor 1 berdasarkan studi terhadap hewan dan manusia. Hal ini juga menyebabkan kanker lain seperti kanker ginjal, kandung kemih, pankreas dan hormon serta

diidentifikasi sebagai mutagen dan racun terhadap reproduksi (Pprc, 2010) Oleh karena itu pengolahan dan penghilangan logam berat Cadmium dari lingkungan sangatlah diperlukan.

Hal ini sejalan dengan firman Allah, surat Ar-Rum ayat 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ  
الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Artinya: “Telah nampak kerusakan di darat dan di laut, disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali ke jalan yang benar.”

Ayat ini mempertegas bahwa manusia dilarang melakukan perbuatan yang menimbulkan kerusakan dimuka bumi dan hal-hal yang membahayakan kelestariannya. Sesungguhnya alam dan lingkungan hidup merupakan suatu nikmat dari Allah SWT, oleh karena itu kita harus mengelola, memanfaatkan, memelihara dan melestarikannya dengan sebaik-baiknya.

Perlakuan yang umum dilakukan untuk memisahkan logam-logam berat dari limbah cair adalah pengendapan secara kimia, yaitu dengan menambahkan bahan kimia yang dapat mengendapkan logam berat sebagai hidroksidanya, pertukaran ion, adsorpsi, teknologi membran, osmosis terbalik, proses elektrokimia dan ekstraksi pelarut. Metode pengendapan dapat memisahkan logam dalam jumlah yang relatif besar, tetapi dinilai belum efektif dan tidak ekonomis karena membutuhkan biaya yang tinggi (Mawardi, Edison, 2014). Salah satu teknik alternatif yang banyak dikembangkan untuk memisahkan ion-ion logam berat dari limbah cair adalah dengan memanfaatkan kemampuan beberapa biomaterial tumbuhan seperti kulit kacang polong, kulit jeruk, bubuk tempurung kelapa dan dedak padi sebagai adsorben ion-ion logam berat dan radionukleotida terlarut dari limbah cair. Proses ini kemudian disebut sebagai biosorpsi.

Biosorpsi menunjukkan kemampuan biomassa untuk mengikat logam berat dari dalam larutan secara metabolisme-independent, pada sel hidup dan mati, yang melibatkan interaksi ionik, polar, interaksi gabungan dan mineralisasi antara ion logam dengan biopolimer (makromolekul) pembentuk sel, diantaranya protein dan polisakarida, fosfonan, *chitin* dan *chitosan* sebagai sumber gugus fungsi. Proses biosorpsi terutama terjadi pada permukaan dinding sel melalui mekanisme kimia dan fisika, seperti pertukaran ion, pembentukan kompleks dan adsorpsi yang melibatkan gugus fungsi dari makromolekul penyusun sel seperti gugus karboksilat, amina, tiolat, hidroksida, imidazol, sulfhidril, fosfodiester dan gugus fosfat yang dapat berinteraksi dengan ion logam, sehingga proses biosorpsi diduga dipengaruhi oleh variabel-variabel seperti pH awal larutan, ukuran partikel biosorben, kecepatan pengadukan, waktu kontak dan konsentrasi awal larutan logam.

Langmuir menggambarkan bahwa pada permukaan adsorben terdapat sejumlah tertentu pusat aktif (*active site*) yang sebanding dengan luas adsorben. Pada setiap sisi aktif hanya satu

molekul atau satu ion yang dapat diserap. Penyerapan secara kimia, terjadi apabila terbentuk ikatan kimia antara zat terserap dengan sisi aktif adsorben, membentuk lapisan tunggal pada permukaan adsorben (*monolayer adsorption*) (Mawardi, Edison, 2014).

Berbagai alternatif bahan-bahan biologis dapat digunakan sebagai bahan baku biosorben. Bahan-bahan ini diantaranya alga, fungi dan bakteri. Penggunaan mikroorganisme tersebut memiliki beberapa kendala diantaranya adalah sangat dipengaruhi oleh kontaminan lain serta adanya kebutuhan perawatan seperti pemberian nutrisi tambahan. Alternatif bahan biologis lain yang dapat digunakan sebagai bahan baku biosorben adalah limbah produk-produk pertanian. Limbah produk pertanian merupakan limbah organik yang tentunya akan sangat mudah ditemukan dalam jumlah besar.

Pemanfaatan dan penggunaan limbah pertanian sebagai bahan baku biosorben selain dapat membantu mengurangi volume limbah juga dapat memberdayakan limbah menjadi suatu produk yang mempunyai nilai jual. Oleh karena itu, potensi limbah pertanian cukup besar untuk digunakan sebagai bahan baku biosorben logam berat.

Pinang merupakan salah satu sektor pertanian di daerah Tembilahan kabupaten Indragiri Hilir Riau dengan luas daerah yang ditanami pinang 15.413 Ha. Pinang ditanam untuk dimanfaatkan biji dan batangnya. Saat ini biji pinang telah menjadi komoditi perdagangan, biji pinang saat ini diekspor dari Indonesia ke beberapa negara di Asia seperti India, Pakistan dan Nepal. Kulit buah pinang saat ini belum dimanfaatkan secara optimal, selama ini kulit buah pinang hanya dibuang oleh petani.

Oleh sebab itu peneliti tertarik untuk memanfaatkan kulit buah pinang sebagai biosorben pengolahan dan penghilangan limbah Pb(II) dan Cd(II). Pemanfaatan dan penggunaan kulit buah pinang sebagai bahan baku biosorben selain dapat membantu mengurangi volume limbah juga dapat memberdayakan limbah menjadi suatu produk yang mempunyai nilai jual. Disamping itu, hal ini juga menjadi solusi untuk pengolahan limbah logam berat karena

caranya yang mudah dan ekonomis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH, waktu dan konsentrasi terhadap kemampuan kulit buah pinang sebagai biosorben ion logam Cd(II).

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli-Agustus 2016 di laboratorium prodi kimia UIN SUSKA Riau.

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pH meter, FTIR dan AAS sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, NaOH, HNO<sub>3</sub> dan aquades.

### Prosedur Kerja

Kulit buah pinang sebagai biosorben didapatkan dari daerah Tambilahan kabupaten Indragiri Hilir Riau. Kulit buah pinang yang diperoleh kemudian dicuci dan dibilas dengan aquades bebas ion, setelah bersih kemudian dikeringkan diudara terbuka (tanpa terkena cahaya matahari langsung). Kulit buah pinang yang telah kering direndam dengan larutan asam nitrat 0,1 M selama satu jam kemudian dicuci dan dibilas dengan aquades sampai air hasil pencucian kembali netral, kemudian keringkan kembali dengan cara yang sama, kemudian sampel dihaluskan sampai berukuran 150 µm kemudian disimpan dalam desikator dan siap digunakan sebagai biosorben. Analisis gugus fungsional dalam kulit buah pinang dilakukan dengan FTIR sedangkan kemampuan biosorpsi kulit buah pinang dilihat menggunakan AAS.

### Pengaruh pH terhadap penyerapan ion logam Cd

Sebanyak 0,1 g kulit buah pinang yang telah dihaluskan ditambahkan ke dalam 25 mL larutan ion logam Cd dengan konsentrasi 20 mg/L dengan variasi pH 2,3,4,5 dan 6 dalam tabung erlemeyer 100 mL. pH diatur dengan menggunakan HNO<sub>3</sub> 0,05 M atau NaOH 0,05 M, kemudian dilakukan pengocokan selama 60 menit dengan kecepatan 100 rpm. Larutan di

dekantasi kemudian disaring dengan kertas saring. Setiap percobaan dilakukan 2x pengulangan.

### Pengaruh Kosentrasi

Sebanyak 0,1 g kulit buah pinang yang telah dihaluskan ditambahkan ke dalam 25 mL larutan ion logam Cd dengan variasi konsentrasi 10; 20; 30; 40 dan 50 mg/L dengan pH diatur 5 dalam tabung erlemeyer 100 mL. pH diatur dengan menggunakan HNO<sub>3</sub> 0,05 M atau NaOH 0,05 M, kemudian dilakukan pengocokan selama 60 menit dengan kecepatan 100 rpm. Larutan di dekantasi kemudian disaring dengan kertas saring. Setiap percobaan dilakukan 2x pengulangan.

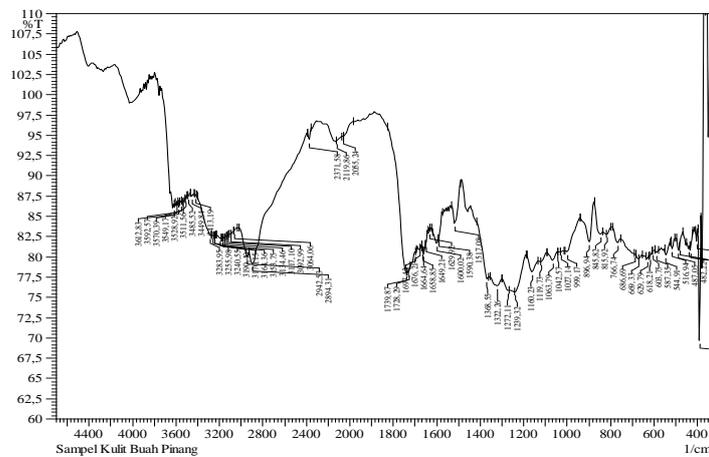
### Pengaruh Waktu Kontak

Sebanyak 0,1 g kulit buah pinang yang telah dihaluskan ditambahkan ke dalam 25 mL larutan ion logam dengan variasi konsentrasi 20 mg/L dengan pH diatur 5 dalam tabung erlemeyer 100 mL. pH diatur dengan menggunakan HNO<sub>3</sub> 0,05 M atau NaOH 0,05 M, kemudian dilakukan pengocokan dengan variasi waktu 15; 30; 45; 60 dan 75 menit dengan kecepatan 100 rpm. Larutan di dekantasi kemudian disaring dengan kertas saring. Setiap percobaan dilakukan 2x pengulangan.

## PEMBAHASAN

### Analisis FTIR

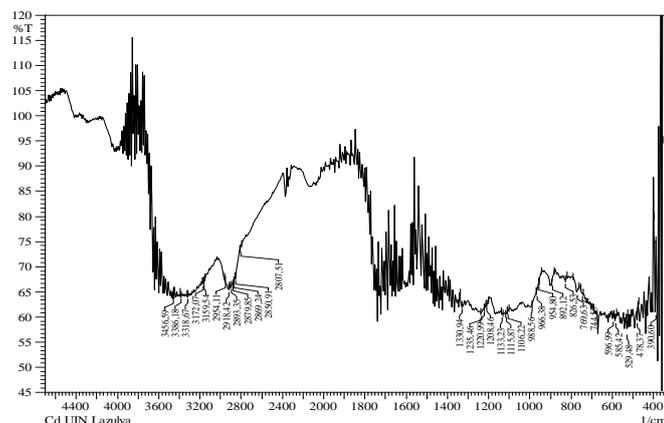
Sampel kulit buah pinang yang sudah dikeringkan dan dihaluskan hingga berukuran 150 µm dikarakterisasi menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR), menggunakan metoda pil KBr. Sampel diidentifikasi pada interval bilangan gelombang 400-4000 cm<sup>-1</sup>. Analisis FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat di dalam biosorben (kulit buah pinang). Selanjutnya, hal ini akan memberikan informasi mengenai mekanisme ikatan dan gugus fungsi yang mungkin terlibat berinteraksi dengan ion logam. Analisis FTIR ini dilakukan dengan melihat adanya perubahan dari spektrum IR sebelum dan sesudah biosorpsi ion logam Cd<sup>2+</sup> oleh kulit buah pinang.



Gambar 4.1 Spektrum FTIR dari kulit buah pinang sebelum biosorpsi dengan ion logam

Gambar 4.1 menunjukkan spektrum FTIR dari sampel kulit buah pinang sebelum biosorpsi dengan ion logam  $Cd^{2+}$ . Gambar 4.1 menunjukkan puncak yang lebar dan kuat yang teramati pada  $3240,55\text{ cm}^{-1}$  dan  $3612,83\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan gugus fungsi OH dari alkohol sedangkan pita serapan pada daerah  $3511,56\text{ cm}^{-1}$ ;  $3528,92\text{ cm}^{-1}$  dan  $3549,17\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan gugus fungsi O-H dari asam karboksilat. Vibrasi dari ikatan N-H dari gugus fungsi amina primer dapat dilihat pada  $3449,84$ ;  $3413,19\text{ cm}^{-1}$  dan  $1600,02\text{ cm}^{-1}$  dan ion amonium ( $NH_4^+$ ) teramati pada  $3064,06\text{ cm}^{-1}$

dan  $3164,36\text{ cm}^{-1}$ . Pita serapan pada  $686,69\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan gugus C-H cis-substitusi alkena dan pita serapan pada  $815,92\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan gugus C-H tri-substitusi alkena serta pita serapan pada  $766,74\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan gugus C-H meta disubstitusi benzen. Pita serapan yang teramati pada  $1629,21\text{ cm}^{-1}$  dan  $1664,64\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan gugus fungsi C=N. Gugus fungsi C=O untuk aldehid terlihat pada  $766,74$ ;  $896,94$ ;  $1728,29\text{ cm}^{-1}$  dan  $1739,87\text{ cm}^{-1}$ . Pita serapan pada  $1059,93\text{ cm}^{-1}$  dan  $1255,71\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan gugus C-O.



Gambar 4.2 Spektrum FTIR dari kulit buah pinang sesudah biosorpsi dengan ion logam  $Cd^{2+}$

Gambar 4.2 memperlihatkan spektrum FTIR kulit buah pinang sesudah biosorpsi dengan ion logam  $Cd^{2+}$ , terjadi pergeseran gugus O-H dari  $3612,83\text{ cm}^{-1}$  dan  $3240,55\text{ cm}^{-1}$  bergeser menjadi  $3318,67\text{ cm}^{-1}$  dan  $3386,18\text{ cm}^{-1}$ . Gugus N-H (amina primer) juga bergeser dari  $3449,84\text{ cm}^{-1}$  menjadi  $3456,59\text{ cm}^{-1}$ . Spektrum gugus ion  $NH_4^+$  bergeser dari  $3164,36\text{ cm}^{-1}$  menjadi  $2918,42\text{ cm}^{-1}$  serta gugus C=O bergeser dari  $766,74\text{ cm}^{-1}$  menjadi  $769,63\text{ cm}^{-1}$  dan  $896,94\text{ cm}^{-1}$  menjadi  $892,12\text{ cm}^{-1}$ . Pergeseran ini menunjukkan adanya interaksi antara ion  $Cd^{2+}$  dengan gugus fungsi alkohol, amina dan karbonil.

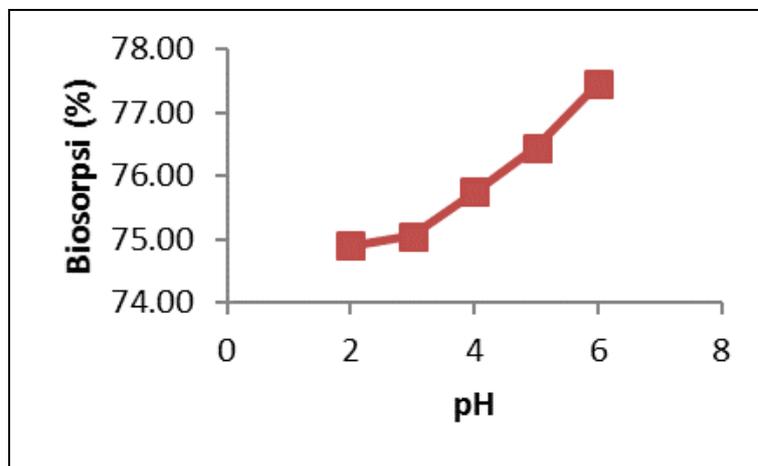
Gugus-gugus fungsi tersebut merupakan gugus fungsi yang terlibat dalam biosorpsi ion  $Cd^{2+}$  oleh kulit buah pinang. Untuk membentuk momepleks, orbital kosong pada  $5s^2$  mengalami hibridisasi menyediakan 4 orbital yaitu  $5s$  dan  $5p$ , yang kemudian diisi oleh 4 pasang elektron yang berasal dari gugus hidroksil (O-H) sebagai ligan. Ikatan yang terbentuk adalah ikatan kovalen koordinasi karena dari spektrum FTIR

puncak O-H tidak hilang tetapi hanya bergeser saja, sehingga dapat disimpulkan bahwa ikatan yang terbentuk antara gugus O-H dan ion logam  $Cd^{2+}$  adalah ikatan kovalen koordinasi (Kurnia, riwayati, 2012).

#### Pengaruh pH Larutan

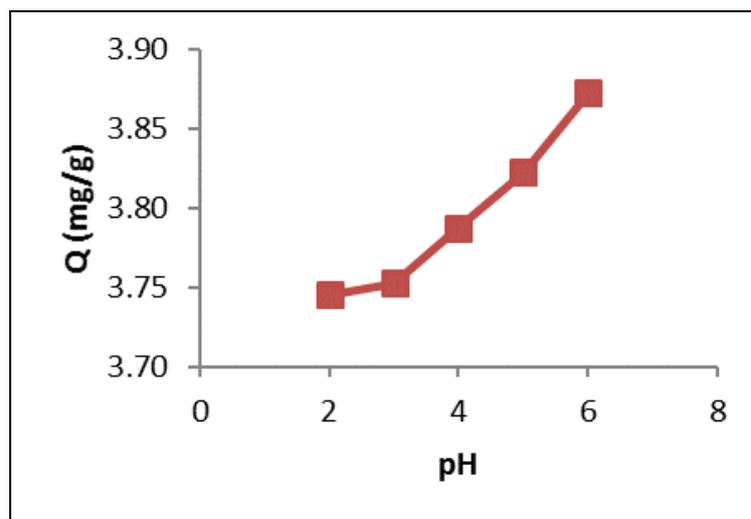
Salah satu faktor yang sangat penting yang mempengaruhi biosorpsi ion logam adalah pH larutan. Parameter ini berhubungan secara langsung dengan kemampuan ion hidrogen bersaing dengan ion logam untuk mendapatkan sisi aktif pada permukaan biosorben

Pengaruh pH larutan terhadap biosorpsi ion logam  $Cd^{2+}$  oleh kulit buah pinang dalam penelitian ini dilakukan pada rentang pH 2 sampai dengan pH 6. pH optimum biosorpsi ion logam  $Cd^{2+}$  ditentukan dengan menghitung % biosorpsi ion logam  $Cd^{2+}$  sebagai fungsi pH dan jumlah ion logam yang teradsorpsi (Q) sebagai fungsi pH. Pengaruh pH terhadap persentase biosorpsi ion logam  $Cd^{2+}$  dapat dilihat pada grafik 4.4 berikut



Gambar 4.4 Pengaruh pH terhadap % biosorpsi  $Cd^{2+}$  menggunakan kulit buah pinang

Pengaruh pH terhadap jumlah ion logam  $Cd^{2+}$  yang teradsorpsi dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut:



Gambar 4.5 Pengaruh pH jumlah ion logam  $Cd^{2+}$  yang teradsorpsi jumlah ion logam  $Cd^{2+}$  yang teradsorpsi

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa persentase biosorpsi dari ion logam  $Cd^{2+}$  meningkat dari 74,90 % menjadi 77,45 % dengan meningkatnya pH larutan dari 2 ke 6. Begitu juga dengan jumlah ion logam yang terserap dalam mg/g sampel kulit buah pinang. Terjadi peningkatan jumlah ion logam  $Cd^{2+}$  yang terserap oleh kulit buah pinang dari 3,75 mg/g menjadi 3,87 mg/g dengan meningkatnya pH larutan dari 2 ke 6. Jadi pH larutan memiliki dampak yang signifikan dalam proses penyerapan ion logam  $Cd^{2+}$  menggunakan kulit buah pinang sebagai biosorben. Hal ini disebabkan oleh pengaruh muatan pada permukaan biosorben dan jenis ion logam dalam larutan. Meningkatnya pH larutan, meningkatkan jumlah ion logam yang diserap.

Hal ini dapat dijelaskan berdasarkan fakta bahwa konsentrasi ion  $H_3O^+$  sangat tinggi pada pH rendah, sehingga permukaan biosorben secara keseluruhan menjadi bermuatan positif, karena terjadinya protonasi gugus-gugus fungsional seperti amina, amida, dan karbonil. Hal ini mengakibatkan kompetisi antara ion  $H_3O^+$  dengan ion logam untuk sisi aktif pada permukaan biosorben, sehingga daya serap biosorben kecil pada pH rendah. Dengan meningkatnya pH larutan, konsentrasi ion  $H_3O^+$  dalam larutan semakin berkurang dan

mengurangi kompetisi ion logam untuk sisi aktif, sehingga penyerapan biosorben meningkat dengan meningkatnya pH larutan (Tanasal, 2014).

Berdasarkan kedua grafik diatas maka didapatkan pH optimum biosorpsi ion logam  $Cd^{2+}$  menggunakan kulit buah pinang adalah 6. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Putra yang menyatakan bahwa dengan meningkatnya nilai pH dari 2 menjadi 6 terjadi peningkatan jumlah  $Cu^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$  yang diserap menggunakan serbuk batang kelapa, kulit telur dan ampas tebu (Sari, Ahmet dan tuzen, 2010)

#### Pengaruh Konsentrasi Awal Ion Logam

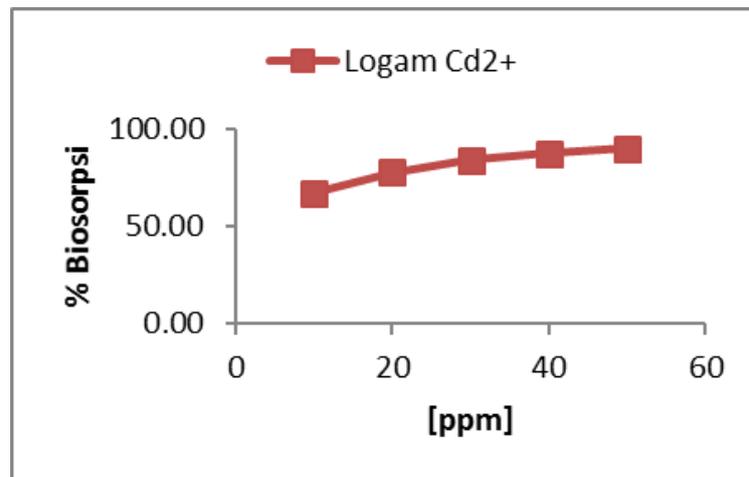
Konsentrasi awal ion logam  $Cd^{2+}$  divariasikan dari 10 – 50 ppm dan jumlah biosorbent yang digunakan dibuat konstan yaitu 0,1 g dengan waktu kontak 60 menit. Gambar 4.6

menunjukkan persentase penyerapan ion logam  $Cd^{2+}$  menggunakan kulit buah pinang dengan variasi konsentrasi awal ion logam. Gambar menunjukkan terjadi peningkatan persentase penyerapan ion logam  $Cd^{2+}$  meningkat dari 67,53% menjadi 90,21%. Begitu juga dengan jumlah ion logam yang terserap dalam bentuk Q (mg/g) yang ditunjukkan pada gambar 4.7. Dari gambar

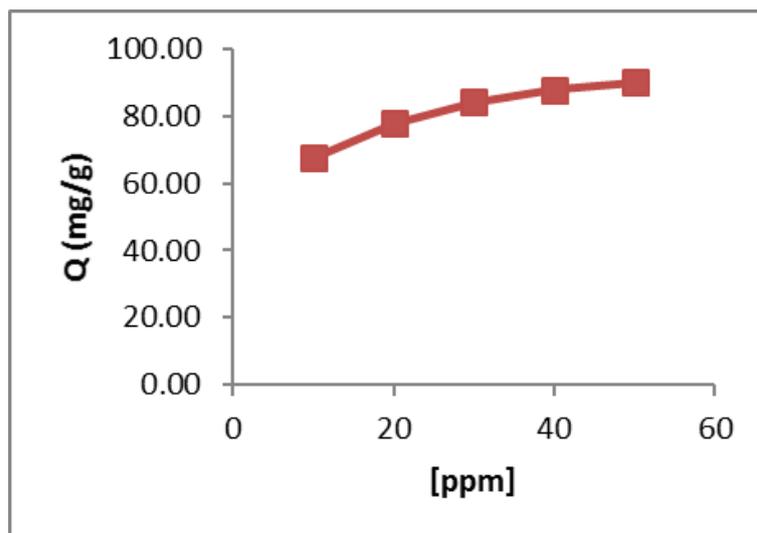
terlihat terjadi peningkatan jumlah ion  $Cd^{2+}$  meningkat dari 1,69 mg/g menjadi 11,28 mg/g. jadi biosorpsi maksimum terjadi pada konsentrasi awal ion logam 50 ppm.

Secara teori, peningkatan konsentrasi ion logam akan meningkatkan kapasitas penyerapan, karena semakin banyak ion logam yang akan terikat pada gugus fungsi suatu biosorbent. Kapasitas penyerapan akan

meningkat dengan meningkatnya konsentrasi ion logam. Menurut Putra, peningkatan jumlah ion logam yang diserap pada konsentrasi tinggi disebabkan oleh dua faktor, yaitu tingginya kemungkinan interaksi antara ion logam pada permukaan biosorbent dan difusi ion logam dengan kecepatan yang tinggi pada permukaan biosorbent (Yusoff, Siti Natijah,2014).



Gambar 4.6 Persentase penyerapan ion logam  $Cd^{2+}$  menggunakan kulit buah pinang dengan variasi konsentrasi awal ion logam.



Gambar 4.7 Jumlah ion logam  $Cd^{2+}$  yang diserap dalam mg/g menggunakan kulit buah pinang dengan variasi konsentrasi awal ion logam.

### Model Isotherm

Model isotherm adsorpsi telah digunakan untuk menggambarkan interaksi antara ion logam dalam larutan dengan adsorbent. Model isotherm dapat digunakan untuk menjelaskan distribusi dari ion logam dalam fase cair dan padat ketika mencapai kesetimbangan. Model isotherm yang paling sering digunakan adalah Freundlich dan Langmuir.

Model isotherm Freundlich cocok digunakan untuk adsorpsi pada permukaan heterogen multilayer. Berdasarkan model isotherm freundlich, selama proses adsorpsi sisi ikatan terkuatlah yang akan diisi pertama. Jika sisi terkuat sudah diisi maka kekuatan ikatan akan menjadi lemah. bentuk linear dari persamaan Freundlich adalah

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

dimana  $K_f$  (mg/g) dan  $n$  adalah konstanta freundlich berhubungan dengan kapasitas dan intensitas adsorpsi. Plot linear antara  $q_e$  dan  $\log C_e$  akan memberikan harga  $K_f$  dan  $n$ .

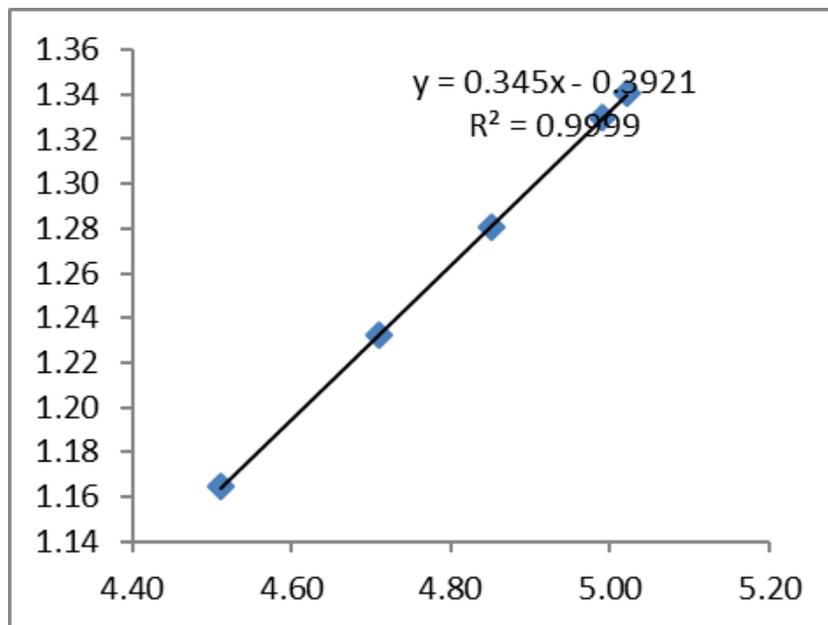
Model isotherm Langmuir mengasumsikan semua sisi pada permukaan

adsorben memiliki energi yang sama. Selama proses adsorpsi, ion logam membentuk monolayer pada permukaan adsorbent dan ketika semua sisi sudah terisi tidak akan ada ikatan yang terjadi. Bentuk linear dari persamaan langmuir adalah

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{Q} + \frac{1}{Qb}$$

dimana  $Q$  adalah adsorpsi maksimum pada monolayer (mg/g),  $C_e$  adalah konsentrasi kesetimbangan ion logam (mg/L),  $q_e$  adalah jumlah ion logam yang diadsorpsi per unit berat adsorbent pada konsentrasi kesetimbangan (mg/g) dan  $b$  adalah konstanta Langmuir yang berhubungan dengan sisi ikatan (mL/mg) dan digunakan untuk mengukur energi adsorpsi.  $Q$  dan  $b$  dapat ditentukan dari plot linear  $C_e/q_e$  dan  $C_e$ .

Gambar 4.8 berturut-turut menunjukkan grafik plot  $C_e/q_e$  versus  $C_e$  dari logam Cd, dengan harga  $R^2$  untuk logam Cd adalah 0,9999 dan untuk logam Pb 0,834. Dari plot tersebut diperoleh harga  $Q$  (penyerapan maksimum) untuk logam Cd adalah 1,14 mg/g.



Gambar 4.8 Adsorpsi Isotherm Langmuir logam Cd menggunakan kulit buah pinang

#### DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Kementrian Pertanian, Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pertanian., cybex.pertanian.go.id.
- Kurniasari L, Riwayati I, Suwardiyono. 2012. *Pektin Sebagai Alternatif Bahan Baku Biosorben Logam Berat, Momentum*, Vol 8, 2012, Hal 1-5.
- Mawardi, Edison M. 2014. *Pemisahan Ion Crom (III) dan Krom (IV) Dalam Larutan Dengan Menggunakan Biomassa Alga Hijau Spyrogyra Subsalsa Sebagai Biosorben, Reaktor*, Vol 15, Hal 27-36.
- Pprc. 2010. *Cadmium Human Exposure and Potential Effect*.
- Sari A and Tuzen M. 2009. Kinetic and Equilibrium Studies of Biosorption of Pb(II) and Cd(II) from Aqueous Solution by Macrofungus Biomass, *Journal of Hazardous Materials*, 1004-1011
- Shah K, Mankad AU and Reddy MN. 2017. *Cadmium Accumulation and its Effect on Growth and Biochemical Parameters in Tagetes Erecta L*, 111-115.
- Tanasal, Anasthasia M. *Biosorpsi Ion Logam Cd(II) Oleh Kulit Buah Naga (Hylocereus polyrhizus)*, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanudin.
- Yusoff, Siti NM. 2014. *Removal of Cu (II), Pb(II) and Zn (II) Ions from Aqueous Solutions Using Selected Agricultural Wasres: Adsorption and Characterisation Studies*, *Journal of Environmental Protection*, 5, 289-300
- Putra, Wiwid P, Kamari, Azlan, Yusoff, Siti NM ect. 2014. *Biosorption of Cu(II), Pb(II), and Zn(II) Ions from Aqueous Solutions Using Selected Waste Materials: Adsorption and Characterisation Studies*, *Journal of Encapsulation and Adsorption Science*, 25-23