

BIJI BUAH BISBUL (*Diospyros blancoi*) SEBAGAI BIOSORBEN Cr(III)

Nina Ariesta*, Rifansyah, Dian Arrisujaya dan Mamay Maslahat
Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Nusa Bangsa Bogor
Jl. KH. Sholeh Iskandar Km.4 Tanah Sareal Bogor, 16166
*e-mail: ariestanina14@gmail.com

ABSTRACT

Velvet Apple Fruit Seeds (*Diospyros blancoi*) as Biosorbent of Cr(III)

*Velvet Apple Fruit (*Diospyros blancoi*) has not been explored more in Indonesia. The purpose of research was to explore the use of Velvet Apple Fruit seeds as adsorbent of Cr(III) in waste. Biosorbent of velvet apple fruit seeds in removing Cr (III) metal ions has been investigated using batch method. Several parameters were used to determine absorption optimum conditions such as solution pH, contact time and biosorbent dosage. Langmuir, Freundlich and Temkin isotherm models were used in determining biosorption equilibrium. FTIR and SEM-EDX were used to characterize the velvet apple fruit seeds biosorbent. The equilibrium adsorption isotherms showed the velvet apple fruit seeds biosorbent had a maximum adsorption capacity of 5.592 mg/g. The adsorption efficiency of Cr (III) ion by velvet apple fruit seeds was 81.78%. The results showed that velvet apple fruit seeds potentially as an alternative low-cost biosorbent for removing heavy metal ions in solution.*

Keywords: biosorption, heavy metals, alternative biosorbent, waste water treatment

ABSTRAK

Buah bisbul di Indonesia belum tereksplor dengan baik potensinya. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui potensi biji buah Bisbul sebagai adsorben logam Cr(III) pada limbah. Biosorben biji buah bisbul (*Diospyros blancoi*) dalam menyerap ion logam Cr(III) telah diteliti dengan menggunakan metode batch. Beberapa parameter digunakan untuk menentukan kondisi optimum penyerapan seperti pH larutan, waktu kontak dan dosis biosorben. Model isoterm Langmuir, Freundlich dan Temkin dipakai dalam menentukan kesetimbangan biosorpsi. FTIR dan SEM-EDX digunakan dalam mengkaraktirisasi biosorben biji buah bisbul. Isoterm adsorpsi kesetimbangan menunjukkan biosorben biji buah bisbul mempunyai kapasitas adsorpsi maksimum 5,592 mg/g. Efisiensi penyerapan ion Cr(III) oleh biji buah bisbul mencapai 81,78%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biji buah bisbul berpotensi sebagai alternatif biosorben murah dalam menghilangkan ion logam berat dalam larutan.

Kata kunci: biosorpsi, logam berat, alternatif biosorben, pengolahan air limbah

PENDAHULUAN

Limbah yang mengandung logam berat memiliki dampak yang berbahaya bagi kehidupan manusia. Logam berat yang sering terkandung dalam limbah salah satunya adalah logam Cr (Krom). Logam kromium murni tidak ditemukan di alam. Logam ini ditemukan dalam bentuk senyawa padat atau mineral dengan unsur-unsur lain. Krom tahan korosi sehingga digunakan sebagai pelapis elektrolit. Senyawa krom seperti kromat dan dikromat banyak digunakan oleh industri tekstil, pencelupan, fotografi dan zat warna (Palar, 1994). Baku mutu limbah tekstil untuk logam krom total adalah 1 mg/L menurut PP menteri Lingkungan Hidup tahun 2010. Logam krom memiliki dua bilangan oksidasi, yaitu Cr(III)

dan Cr(VI). Logam Cr(VI) dapat meracuni tubuh dan menyebabkan kematian pada konsentrasi 4,1 mg/kg berat tubuh manusia, sedangkan logam Cr(III) tidak memiliki pengaruh yang berbahaya bagi tubuh (Guertin, 2014).

Salah satu metode untuk mengurangi kadar logam Krom dalam limbah adalah adsorpsi dengan menggunakan adsorben. Adsorpsi ini banyak terjadi pada adsorben dari karbon teraktivasi, seperti karbon teraktivasi dari kulit padi dapat digunakan untuk adsorben pada bahan bakar (Cheenmatchaya & Kungwankunakon, 2014), karbon teraktivasi dari enceng gondok untuk adsorpsi zat warna (Kanawade & Gaikwad, 2011), dan karbon teraktivasi dari batang tumbuhan sengkat (Shendkar et al, 2013). Adsorben

dari kulit telur untuk menyerap pewarna tekstil (*malachite green*) (Podstawczyk, Witek-Krowiak, Chojnacka, & Sadowski, 2014).

Beberapa tahun terakhir ini telah dikembangkan material penyerap logam berat berbasis biomaterial antara lain hasil buangan pertanian seperti daun jagung (Babarinde, Babalola, & Sanni 2007), biomassa seperti alga (Beolchini *et al.*, 2005; Jafari *et al.*, 2012 dan Yalcin, Sezer & Apak, 2012), ragi, bakteri (Vieira dan Volesky, 2000; Nagase *et al.*, 2005; Ranjan, Srivastava, Talat, Hasan, 2009), lumut (Acar, Ozvatan, & Ilim, 2005), jamur (Preetha dan Virutaghiri, 2005), asam alginat, selulosa, chitosan (Prakash, Sudha, & Renganathan., 2011), tin (Gupta, Pathania, Agarwal, & Sharma., 2012), Sukun (Linda, Lim, Priyantha, Tennakoon, & Dahri, 2012), kembang sepatu (Vankar, Sarswat & Sahu, 2011) serta kulit manggis (Zein, Suhaili, Earnestly, Indrawati, & Munaf, 2010) dan yang berbasis geomaterial seperti tanah liat dan perlit (Dyer, Tangkawanit, & Rangsriwatananon, 2004; dan Prakash, Latha, Sudha, & Renganathan, 2012). Material-material ini terdapat dalam jumlah yang banyak dan murah.

Kandungan gugus karboksil (-C=O), amino (-NH), dan hidroksil (-OH) membuat bahan alam dapat dimanfaatkan sebagai adsorben (Edokpayi, 2015). Penyerapan ion Cr(VI) oleh adsorben dari rumput laut (*Fucus vesiculosus*) dibuktikan dengan analisis FT-IR terdapat gugus hidroksil (-OH) dan gugus amino yang berkurang setelah adsorpsi yang menyebabkan ion Cr(VI) terikat pada permukaan adsorben (Cobas, Saronman, & Pazos, 2014). Salah satu pemanfaatan limbah biomassa dijadikan sebagai adsorben adalah adsorben dari cangkang Arenga pinnata merr untuk logam Cr(III) dan Cr(VI) (Zein, Arrisujaya, Hidayat, Elfia, Nazarudin, & Munaf., 2014), Adsorben dari limbah sekam dan jerami padi (Naiya, Singha, & Das, 2011; Singha, Naiya, Bhattacharya, & Das, 2011; Kumar, Arya, Singh, & Vats, 2017), akar eceng gondok (Singha *et al.*, 2011); tempurung kelapa (Singha *et al.*, 2011), kulit kayu pohon mangga, batu bata, batu kapur, bubuk biji

pepaya dan Alga (Gandhi, Sirisha, & Sekhar, 2013) dapat dimanfaatkan untuk mengurangi cemaran ion logam Cr(VI), adsorben dari biji alpukat untuk logam Cu(II), Pb(II) dan Cd(II) (Wanja, Murungi, Wanjaw & Hassanali, 2015).

Buah Bisbul (*Diospyros blancoi*) merupakan buah lokal yang berkembang di wilayah Bogor. Nama lain buah bisbul adalah buah mentega atau buah mabolo. Tanaman bisbul berbuah sepanjang tahun, jarak antara bunga dan buah selama empat bulan. Pada umumnya, buah tersebut banyak dimanfaatkan untuk dimakan dengan mengambil daging buahnya. Daging buah bisbul diekstrak untuk diambil zat aktifnya, dimanfaatkan sebagai zat antioksidan dan zat antidiare (Howlader, Rahman, Khalipa, Ahmed, & Rahman, 2012), analgesik (Akter, Majunder, Karim, Ferdous, & Sikder, 2015a), dan antiinflamasi (Ragasa, 2009). Pengamatan awal buah bisbul memiliki biji dalam satu buahnya terdapat 3-8 biji dengan ukuran sekitar 3-5 cm. Penelitian tentang pemanfaatan biji buah bisbul masih sedikit. Pemanfaatan yang telah dilakukan adalah sebagai zat antimikroba (Akter & Sarker, 2015b). Pada umumnya, setiap biji tersusun atas kandungan lignin dan selulosa. Hal tersebut menyebabkan biji buah bisbul berpotensi dimanfaatkan sebagai adsorben. Pemanfaatan biji buah bisbul perlu dilakukan aktivasi untuk meningkatkan potensinya sebagai adsorben. Potensi tersebut dapat ditentukan dari kapasitas penyerapannya. Model interaksi adsorpsi Cr(III) juga perlu diteliti untuk mengetahui prosesnya. Sehingga, perlu dilakukan penelitian tentang potensi adsorben dari biji buah bisbul untuk mengadsorpsi ion logam Cr(III).

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, Biji Buah Bisbul / *Diospyros blancoi* (diambil di daerah pasar Bogor, Bogor, Jawa Barat), Cr(NO₃)₃ (Merck), K₂Cr₂O₇ (Merck), HNO₃ 65% (Merck), NaOH (Merck), etanol, kertas saring dan akuades. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi

peralatan sederhana dan instrumen. Peralatan sederhana yang digunakan yaitu seperangkat alat gelas, botol semprot, grinder, neraca digital, oven, dan *magnetic stirrer*.

Metode

Preparasi Biji Buah Bisbul

Biji Buah Bisbul yang diambil di Pasar Bogor dibersihkan dari kotoran yang menempel, kemudian dicuci dengan air bersih dan dijemur di udara terbuka. Setelah kering kemudian dihaluskan dengan cara ditumbuk dengan alu dan diayak dengan ayakan berdasarkan ukuran partikel yang akan dipakai 100 mesh. Biji Buah Bisbul dengan ukuran tersebut direndam dalam larutan HNO₃ 0,1 M selama 2 jam sambil sesekali diaduk. Hasil rendaman disaring kemudian dicuci dengan aquades. Setelah itu direndam dengan etanol selama 2 jam, kemudian dikeringkan kembali.

Karakterisasi Biosorben

Struktur dan interaksi-interaksi pada biosorben dipantau menggunakan spektrometer *Fourier transform infrared* (FTIR). Morfologi permukaan biosorben diamati dengan menggunakan spektrometer scanning *electron microscopy with energy dispersive X-ray* (SEM-EDX). Konsentrasi Krom diukur menggunakan spektrometer serapan atom (SSA).

Metode *Batch* Adsorpsi

Metode *batch* digunakan dalam menentukan kondisi optimum biosorben dalam menyerap ion Krom dalam larutan yaitu pengaruh pH larutan, waktu kontak, dosis biosorben dan konsentrasi Krom (Zein, 2014). Penyerapan ion logam krom sebanyak 25 mL oleh biosorben biji buah bisbul dilakukan menggunakan alat *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan 125 rpm. Setelah proses kesetimbangan, biosorben biji buah bisbul disaring dari larutan menggunakan penyaring Whatman, dan filtratnya dianalisis kadar logamnya.

Efisiensi penyerapan (R%) ion logam krom oleh biosorben biji buah bisbul dihitung menggunakan persamaan (1).

$$R\% = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100\% \quad (1)$$

Di mana, C_i dan C_e merupakan konsentrasi awal dan konsentrasi saat setimbang dalam mg/L.

Kapasitas penyerapan (Q_e) ion logam di mana jumlah total logam krom yang terserap (mg) per unit massa biosorben (g), ditentukan dengan menggunakan persamaan (2).

$$Q_e = \frac{C_i - C_e}{m} \times V \quad (2)$$

dimana, m adalah massa biosorben dalam gram, dan V merupakan jumlah volume larutan dalam liter.

Isoterm Adsorpsi

Kajian isoterm adsorpsi dilakukan untuk menggambarkan penyerapan ion logam oleh biosorben. Tiga model isoterm yang dikaji adalah persamaan isoterm Langmuir, Freundlich, dan Temkin. Persamaan isoterm linier dijabarkan sebagai berikut:

Langmuir:

$$\frac{1}{Q_e} = \left\{ \frac{1}{K_L Q_m} \right\} \frac{1}{C_e} + \frac{1}{Q_m} \quad (3)$$

Freundlich:

$$\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (4)$$

Temkin:

$$Q_e = A + B \ln C_e \quad (5)$$

Dimana, C_e merupakan konsentrasi Cr pada saat kesetimbangan (mgL⁻¹), Q_e adalah milligram ion logam terserap per gram biosorben (mg g⁻¹); dan K_L dan Q_m merupakan konstanta Langmuir yang masing-masing adalah konstanta kesetimbangan dan kapasitas serapan maksimum. K_f dan $1/n$ merupakan konstanta Freundlich sedangkan A dan B merupakan konstanta Temkin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Biosorben Biji Buah Bisbul

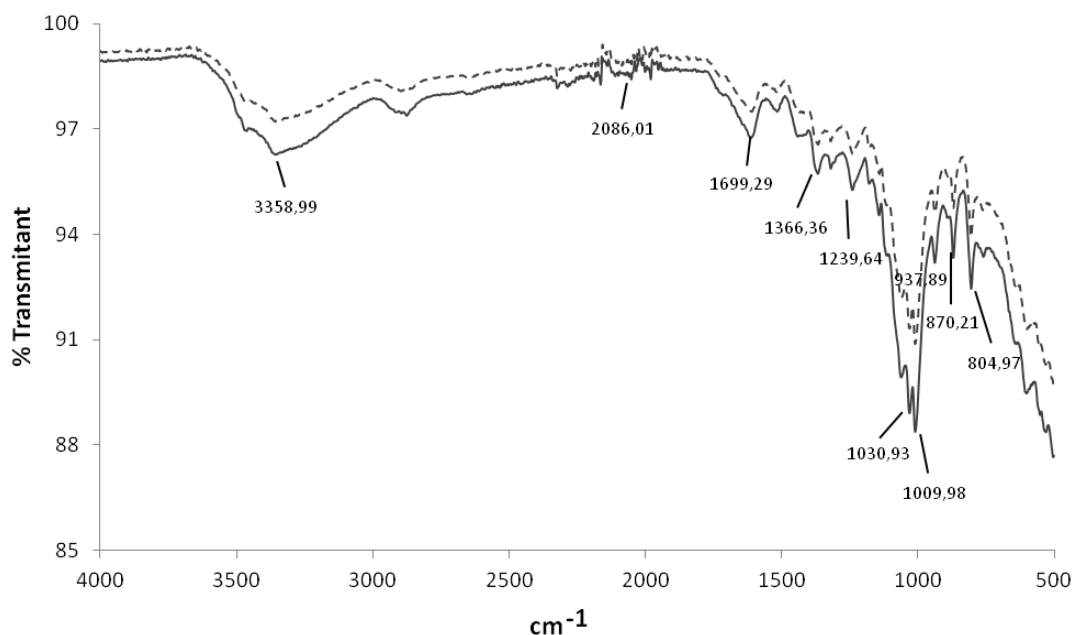
FTIR

Rendemen adsorben yang dihasilkan dari proses aktivasi dengan asam nitrat 0,1M adalah 63%. Adsorben teraktivasi selanjutnya diuji dengan spektrofotometer FTIR. Hasil interpretasi terhadap spektrum

inframerah biji buah bisbul sebelum dan sesudah penyerapan terdapat puncak serapan 3550-3300 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus hidroksil. Pada daerah 3300-3000 cm^{-1} terdapat penyerapan yang menunjukkan adanya regangan C-H aromatic, didukung dengan adanya serapan pada daerah 1650-1500 cm^{-1} yang merupakan spektrum pendukung identifikasi senyawa aromatik, puncak serapan juga ditunjukkan pada daerah 850-650 cm^{-1} yang merupakan regangan Ar-H. Terdapat pula serapan pada 1800-1650 cm^{-1} yang menandakan keberadaan karbonil aldehida atau keton. Gugus O-H yang diperoleh dapat diidentifikasi sebagai senyawa polisakarida seperti selulosa yaitu 1170-1150 cm^{-1} , 1050 cm^{-1} dan 1030 cm^{-1} . Terdapat senyawa aromatik yang kemungkinan besar

menunjukkan adanya senyawa lignin karena terdapat puncak serapan pendukung yang khas dari lignin yaitu 1590 cm^{-1} dan 1510 cm^{-1} (Stuart, 2004).

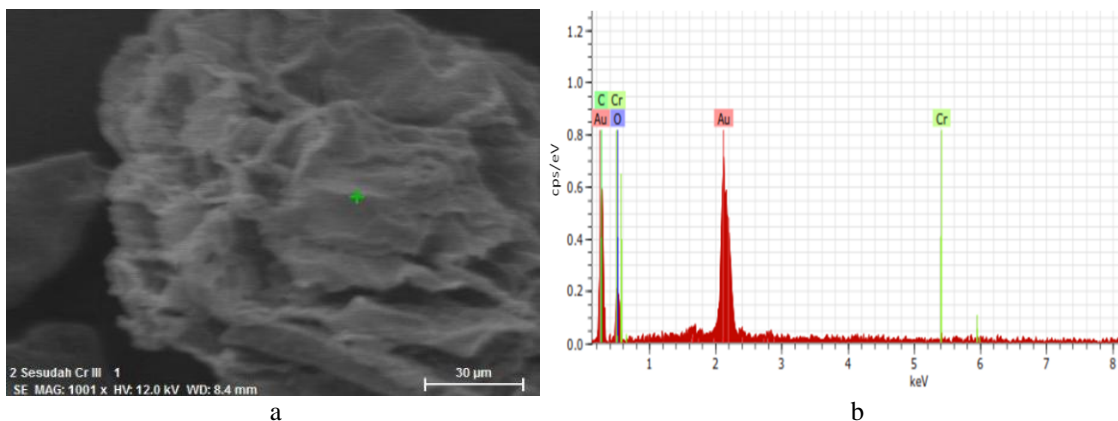
Perubahan dalam intensitas dan pergeseran puncak-puncak bisa diamati dari spektrum FTIR setelah terjadinya penyerapan oleh biosorben biji buah bisbul ditunjukkan pada Gambar 2. Peningkatan intensitas di semua puncak menunjukkan keterlibatan gugus O-H, C-H dan C-O dalam proses adsorpsi (Andrade, Rollemberg, & Nobrega, 2005). Dari hasil yang ditunjukkan pada Gambar 2, jelas bahwa gugus fungsi ini memperoleh muatan positif ketika terprotonasi dan dapat berinteraksi dengan kompleks logam bermuatan negatif. Pergeseran ini juga terlihat sama dengan hasil yang dilaporkan Zein *et al.*, (2014)



Gambar 2. Spektrum FTIR dari Biji Buah Bisbul Sebelum (—) dan Setelah (- - -) Penyerapan Ion Logam Cr(III)

Tabel 1. Kandungan Unsur-unsur Adsorben Biji Buah Bisbul

Unsur	Biji bisbul sebelum diaktivasi		Biji bisbul sebelum diaktivasi	
	wt. %	at. %	wt. %	at. %
C	75,12	80,09	74,09	80,03
O	24,88	19,90	24,05	19,51
Cr	-	-	1,8	0,04



Gambar 3. (a) FE-SEM dari Biji Buah Bisbul Setelah Menyerap Ion Logam Cr(III) pada Perbesaran 1000× dan (b) Spektrum EDX pada posisi (+)

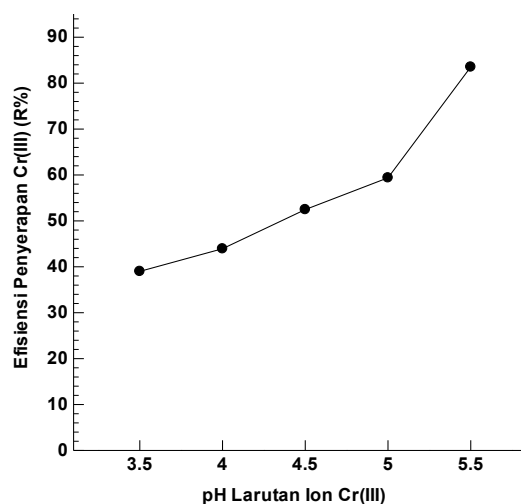
SEM-EDX

Biosorben yang telah diaktivasi dengan asam nitrat memiliki permukaan yang berpori berdasarkan hasil pengujian dengan SEM perbesaran 1000x seperti pada Gambar 3a. Pori-pori yang dihasilkan berukuran beragam. Banyaknya pori-pori yang dihasilkan ini menandakan bahwa proses aktivasi yang dilakukan adalah efektif, karena mampu membentuk pori. Puncak-puncak pada grafik memperlihatkan unsur-unsur yang ada pada adsorben yaitu adanya unsur Cr yang terserap pada adsorben setelah dilakukan kontak dengan larutan Cr(VI). Tidak hanya Cr, atom lain seperti C dan Oksigen juga terdapat pada adsorben.

Pengaruh pH

Pengaruh pH dalam penyerapan ion logam Cr(III) ditunjukkan pada Gambar 4. Nilai pH 5,5 merupakan nilai efisiensi penyerapan maksimum oleh biosorben biji buah bisbul sebesar 83,52%. Efisiensi penyerapan Cr(III) meningkat dengan meningkatnya pH dalam kisaran 3,5 sampai 5,5. Ketika pH awal disesuaikan lebih tinggi dari 5,5, ion Cr (III) mengendap yang disebabkan oleh konsentrasi anion hidroksil yang lebih tinggi dalam larutan. Wittek-Krowiak, *et al.*, (2011) juga melaporkan bahwa serapan logam meningkat dengan meningkatnya pH larutan. Ketika pH menurun, konsentrasi proton meningkat dan terjadi persaingan dalam mengikat permukaan biosorben oleh ion H⁺ dan ion

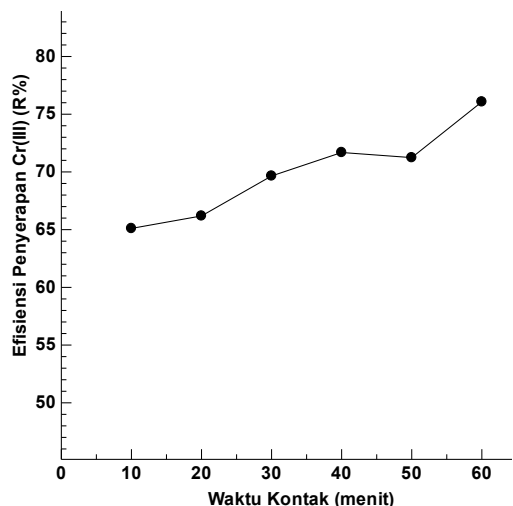
logam. Sisi aktif terprotonasi tidak mampu mengikat ion logam pengikat, yang menyebabkan ion bebas tersisa dalam larutan.



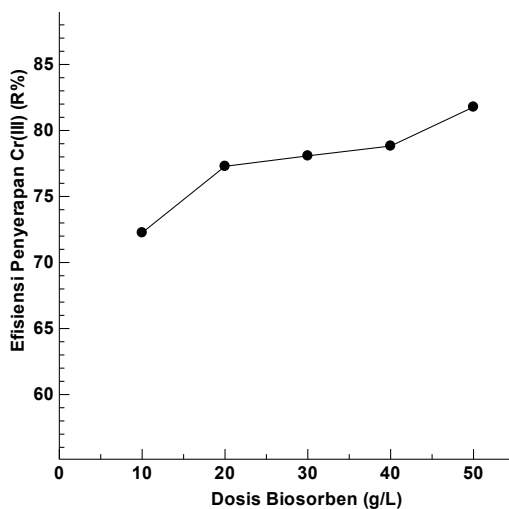
Gambar 4. Pengaruh pH larutan Ion Cr (III) terhadap efisiensi Penyerapan Cr(III)

Pengaruh Waktu Kontak

Penentuan waktu kontak optimum dibutuhkan biosorben dengan ion logam untuk berinteraksi. Pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi penyerapan ditunjukkan pada Gambar 5. Efisiensi penyerapan ion logam Cr(III) meningkat dengan semakin lama waktu kontak dengan biosorben. Hasilnya menunjukkan bahwa jumlah ion logam Cr(III) yang teradsorpsi maksimum dicapai dalam 60 menit sebesar 76,07%. Waktu kontak dipertahankan selama 60 menit untuk memastikan bahwa kesetimbangan sepenuhnya tercapai (Rezaei, 2016).



Gambar 5. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Efisiensi Penyerapan Ion Logam Cr(III)



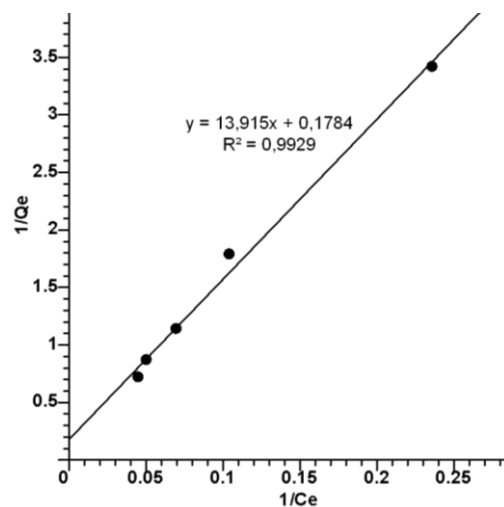
Gambar 6. Pengaruh Dosis Biosorben terhadap Efisiensi Penyerapan Cr(III)

Pengaruh Dosis Biosorben

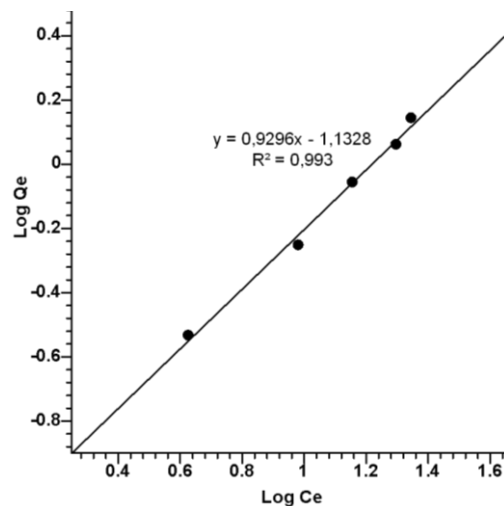
Jumlah sisi aktif yang tersedia untuk biosorpsi tergantung pada jumlah biosorbennya (Witek-Krowiak, *et al.*, 2011). Dengan bertambahnya jumlah dosis biosorben yang digunakan maka semakin tinggi penyerapan ion logam Cr(III) yang dapat dilihat pada Gambar 6. Penyerapan ion logam Cr(III) mencapai 81,78% pada jumlah dosis biosorben 50 g/L. Dosis biosorben yang dinaikkan menyebabkan bertambahnya area permukaan dan jumlah sisi pengikatan pada biosorben.

Isoterm Biosorpsi

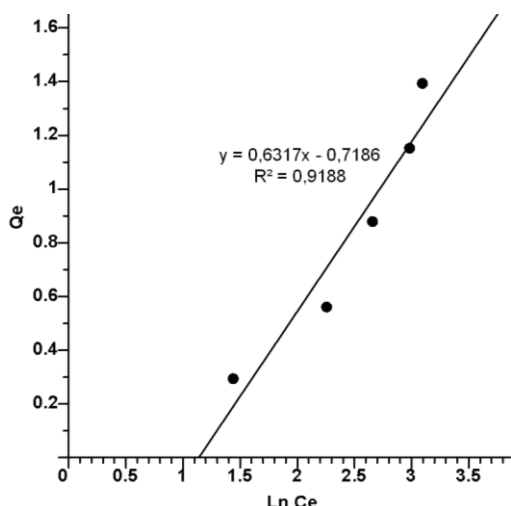
Isoterm biosorpsi menggambarkan hubungan antara massa ion logam Cr(III) teradsorpsi per massa biosorben dan konsentrasi ion logam Cr(III) dalam larutan. Isoterm biosorpsi dikarakterisasi menggunakan tiga model isoterm yang telah dipilih, yaitu model Langmuir (Gambar 7.), Freundlich (Gambar 8.) dan Temkin (Gambar 9.). Data percobaan perbandingan antara tiga model isoterm yang menggambarkan kesetimbangan biosorpsi tersaji pada Tabel 1.



Gambar 7. Isoterm Biosorpsi Langmuir (pH 5,5 dan dosis biosorben 50 g/L)



Gambar 8. Isoterm Biosorpsi Freundlich (pH 5,5 dan dosis biosorben 50 g/L)



Gambar 9. Isoterm Biosorpsi Temkin (pH 5,5 dan dosis biosorben 50 g/L)

Model isoterm Langmuir dan Freundlich mempunyai nilai koefisien korelasi yang tinggi mencapai 0,99. Sedangkan model isoterm Temkin, nilai koefisien korelasinya adalah 0,91. Model isoterm Langmuir dan Freundlich sangat cocok untuk menggambarkan sistem adsorpsi biji buah bisbul dengan menentukan parameter kesetimbangannya.

Nilai kapasitas penyerapan maksimum (Q_m) dan konstanta Langmuir (K_L) dihitung menggunakan regresi linier. Nilai Q_m ion logam Cr(III) sebesar 5,5928 mg/g, dan nilai K_L 0,0128 L/mg. Konstanta Freundlich (K_f) mempunyai nilai 0,3221 L/mg dengan nilai n diantara 0 – 10, menunjukkan adsorpsi yang relatif kuat dari ion-ion logam Cr(III) ke permukaan biji buah bisbul.

KESIMPULAN

Biji buah bisbul merupakan biosorben potensial yang ramah lingkungan untuk menyerap logam berat. Efisiensi penyerapan biji buah bisbul diperiksa dalam menyerap ion logam Cr(III) dalam larutan. Beberapa parameter seperti, pH larutan, waktu kontak dan dosis biosorben mempengaruhi hasil biosorpsi.

Tiga model isoterm adsorpsi digunakan untuk menggambarkan kesetimbangan biosorpsi ion logam Cr(III) ke permukaan biji buah bisbul. Penelitian ini menunjukkan kondisi optimum penyerapan pada pH 5,5, waktu kontak 1 jam, dan dosis biosorben 50 g/L. Kapasitas penyerapan maksimum didapat dengan menggunakan model isoterm Langmuir yaitu 5,5928 mg/g. Efisiensi penyerapan ion logam Cr(III) mencapai 81,78%. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa biji buah bisbul adalah biosorben yang efisien dalam menyerap ion logam Cr(III).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai dengan program Penelitian Kompetitif Nasional dengan Skim Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun pelaksanaan 2018 sesuai kontrak nomor : 0802/K4/KM/2018 tanggal 12 Februari 2018 oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia.

Tabel 2. Parameter-parameter Model Isoterm dari Ion Logam Cr(III)

Model Isoterm	Parameter	Cr(III)
Langmuir	Q_{max} (mg/g)	5,5928
	K_L (L/mg)	0,0128
	R^2	0,9929
Freundlich	K_f (L/mg)	0,3221
	n	1,0745
	R^2	0,993
Temkin	A	0,7186
	B	0,6317
	R^2	0,9188

DAFTAR PUSTAKA

- Acar, O., Ozvatan, S., & Ilim, M. (2005). Determination of cadmium, copper, iron, manganese, lead and zinc in lichens and botanic samples by electrothermal and flame atomic absorption spectrometry. *Turk J. Chem*, 29, 335-344.
- Akter, S., Majunder, T., Karim, R., Ferdous, Z., & Sikder, M. (2015a). Analgesic Activities of *Geodorum densiflorum*, *Diospyros blancoi*, *Baccaurea ramiflora* and *Trichosanthes dioica*. *Journal of Pharmacochemistry*, 4, 209-2014
- Akter, S., & Sarker, A. (2015b). Antimicrobial activities of seeds of *Diospyros blancoi* and *Baccuarea ramiflora*. *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry*, 4, 789-793.
- Andrade, A. D., Rollemberg, M. C. E., & Nobrega, J. A. (2005). Proton and metal binding capacity of the green freshwater alga *Chaetophora elegans*. *Process. Biochem.*, 40 (5), 1931–1936.
- Babarinde, N. A. A., Babalola, J. O., & Sanni, S. O. (2007). Isotherm and Thermodynamic Studies of The Biosorption of Cd(II) from Solution by Maize Leaf. *International Journal of Physical Sciences*, 2(8), 207-211
- Beolchini, F., Pennesi, C., Romagnoli, T., Totti, C., Centofanti, M., Mosca, L., & Veglio, F. (2005). Lead biosorption by marine macrophytes : effect of macrophyte structure and pH on the process. *Chemical Engineering Transaction*, 6, 885-890.
- Cheenmatchaya, A., & Kungwankunakon, S. (2014). Preparation of Activated Carbon Derived from Rice Husk by Simple Carbonization and Chemical Activation for Using as Gasoline Adsorbent. *International Journal of Environmental Science and Development*, 5, 171-175.
- Cobas, M., Saronman, M. A., & Pazos, M. (2014). Box-Behnken methodology for Cr(VI) and Leather dyes removal by an eco-friendly biosorbent: *F. vesiculosus*. *Bioresource Technology*, 1-9.
- Dyer, A., Tangkawanit, S., & Rangsriwatananon, K. (2004). Exchange diffusion of Cu^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} and Zn^{2+} into analcime synthesized from perlite. *Microporous and Mesoporous Materials*, 75, 273–279.
- Gandhi, N., Sirisha, D., & Sekhar, K. B. C. (2013). Adsorption Studies of Chromium y Using Low Cost Adsorbent. *Our Nature*, 11, 11-16.
- Gupta, V. K., Pathania, D., Agarwal, S., & Sharma, S. (2012). Removal of Cr(VI) onto *Ficus carica* biosorben from water. *Environ Sci Pollut Res*. 20(4), 2632-2644.
- Howlader, M. S. I., Rahman, M. M., Khalipa, A. B. R., Ahmed, F., & Rahman, M. M. (2012). Antioxidant and Antidiarrheal Potentiality of *Diospyros blancoi*. *International Journal of Pharmacology*, 5, 403-409.
- Kanawade, S. M., & Gaikwad, R. W. (2011). Removal of Methylene Blue from Effluent by Using Activated Carbon and Water Hyacinth as Adsorbent. *International Journal of Chemical Engineering and Application*, 2, 317-319.
- Kumar, R., Arya, D. K., Singh, N., & Vats, H. K. (2017). Removal Cr(VI) Using Low Cost Activated Carbon Developed By Agricultural Waaste. *Journal of Applied Chemistry*, 10, 76-79.
- Linda, B., Lim, L., Priyantha, N., Tennakoon, D. T. B., & Dahri, M. K. (2012). Biosorption of cadmium(II) and copper(II) ions from aqueous solution

- by core of *Artocarpus odoratissimus*. *Environ Sci Pollut Res.* 19, 3250–3256.
- Nagase, H., Inthorn, D., Oda, A., Nishimura, J., Kajiwara, Y., Park, M., Hirat, K., & Miyamoto, K. (2005). Improvement of selective removal of heavy metals in cyanobacteria by NaOH treatment., *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 99(4): 372-377.
- Naiya, T. K., Singha, B., & Das, S. K. (2011). FTIR Study for the Cr(VI) Removal from Aqueous Solution Using Rice Waste. *International Conference on Chemistry and Chemical Process*, 10, 114-119
- Palar, H. (1994). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Podstawczyk, D., Witek-Krowiak, A., Chojnacka, K., & Sadowski, Z. (2014). Biosorption of Malachite Green by eggshells: mechanism Identification and Process Optimization. *Biorsource Technology*. 160, 161-165.
- Prakash, N., Sudha, P. N., & Renganathan, N. G.. (2011). Copper and cadmium removal from synthetic industrial wastewater using chitosan and nylon 6. *Environ Sci Pollut Res.* 19, 2930-2941.
- Prakash, N., Latha, S., Sudha, P. N., & Renganathan, N. G. (2012). Influence of clay on the adsorption of heavy metals like copper and cadmium on chitosan. *Environ Sci Pollut Res.* 20(2): 925-938.
- Preetha, B., & Virutaghiri, T. (2005). Biosorption of zinc (II) by *Rhizopus arrhizus*: equilibrium and kinetic modelling, *African Journal of Biotechnology*. 4 (6): 506-508.
- Ranjan, D., P. Srivastava, M. Talat, S. H. Hasan. (2009). Biosorption of Cr(VI) from Water Using Biomass of *Aeromonas hydrophila*: Central Composite Design for Optimization of Process Variables. *Appl Biochem Biotechnol.* 158, 524–539.
- Rezaei, H. (2016). Biosorption of chromium by using *Spirulina* sp. *Arabian Journal of Chemistry*. 9, 846–853.
- Shendkar, C. D., Torane, R. C., Mundhe, K. S., Lavate, S. M., Pawar, A. B., & Deshpande, N. R. (2013). Characterization and Application of Activated Carbon Prepared From Fom Waste Weed. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 5, 527-529.
- Singha, B, Naiya, T. K., Bhattacharya, A. K., & Das, S. K. (2011). Cr(VI) Ions Removal from Aqueous Solution using Natural Adsorbents-FTIR Studies. *Journal of Environmental Protection*. 2, 729-735
- Stuart, B. (2004). *Infrared Spectroscopy Fundamentals and Applications*. John Wiley & Sons, Ltd. New York.
- Vankar, P. S., Sarswat, R., & Sahu, R. (2012). Biosorption of Zinc Ions from Aqueous Solutions onto Natural Dye Waste of *Hibiscus rosa sinensis*: Thermodynamic and Kinetic Studies. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. 31 (1), 89-99.
- Vieira, H.S.F.R., & Volesky, B. (2000). Biosorption: a solution to pollution?. *Internatl. Microbiol.* 3, 17-24.
- Witek-Krowiak, A., Szafran, R. G., & Modelski, S. (2011). Biosorption of heavy metals from aqueous solutions onto peanut shell as a low-cost biosorbent. *Desalination*. 265, 126-134
- Wanja, N. E., Murungi, J., Wanjau, R., & Hassanali, A. (2015). Application of Chemically modified avocado seed for removal of Copper (II), Lead(II), and Cadmium (II) ions from aqueous solutions. *International Journal of Research in Engineering and Applied Science (IJREAS)*. 6, 1-15

- Yalcin, S., Sezer, S., & Apak, R. (2012). Characterization and lead(II), cadmium(II), nikel(II) biosorption of dried marine brown macro algae *Cytoseria barbata*. *Environ Sci Pollut Res.* 19, 3118-3125.
- Zein, R., Suhaili, R., Earnestly, F., Indrawati, & Munaf, E. (2010). Removal of Pb(II), Cd(II) and from aqueous solution using *Garcinia mangostana* L. fruit shell. *Journal of Hazardous Materials.* 181, 52-56.
- Zein, R., Arrisujaya, D., Hidayat, Elfia, M., Nazarudin, N., & Munaf, E. (2014). Sugar Palm *Arenga pinnata* Merr (Magnolophyta) fruit shell as biomaterial to remove Cr(III), Cr(VI), Cd(II) and Zn(II) from aqueous solution. *Journal of Water Supply.* 63, 553-559.