

APPLICATION OF DRY BIOMASS OF *Aphanothece sp.* AS A BIOSORBENT OF COPPER HEAVY METAL

Fauzi Abdilah^{*1}, Lina Troskialina^{**1}

¹ Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Jl. Gegerkalong Hilir, Bandung 40012 Indonesia

E-mail: *fauzi.abdilah@polban.ac.id; **lina.troskialina@polban.ac.id

Diterima: 27 Januari 2020. Disetujui: 27 Februari 2020. Dipublikasikan: 26 April 2020

DOI: 10.30870/educhemia.v5i1.7246

Abstract: Various technologies have been developed to reduce heavy metal content in the wastewater. The biosorption method is a technique that is widely applied because it is cheap, environmentally friendly, and has high efficiency. This study aims to ascertain the potential of dry biomass of microalgae *Aphanothece sp.* as a biosorbent of Cu (II) ions in synthetic wastewater and determine the appropriate biosorption kinetics model. Analysis of Cu (II) ion concentrations was carried out using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The results showed that the optimum conditions for the biosorption process were at pH 4, and the contact time was 210 minutes with the removal efficiency of Cu (II) ions reaching 80.02%. The results of tests on the adsorption isotherm model showed that the biosorption process of Cu (II) ions using dry biomass biosorbent *Aphanothece sp.* follows the Freundlich isotherm model with an R² value of 0.9962.

Keywords: biosorption; microalgae; cooper; *Aphanothece sp.*; Isotherm Freundlich

Abstrak: Berbagai teknologi telah dikembangkan untuk mengurangi kandungan logam berat pada air limbah. Metode biosorpsi merupakan teknik yang banyak diaplikasikan karena murah, ramah lingkungan dan memiliki efisiensi yang cukup baik. Penelitian ini bertujuan untuk memastikan potensi biomassa kering mikroalga *Aphanothece sp.* sebagai biosorben ion Cu (II) pada air limbah sintesis serta menentukan model kinetika biosorpsi yang sesuai. Analisis konsentrasi ion Cu (II) dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum untuk proses biosorpsi adalah pada pH 4 dan waktu kontak 210 menit dengan efisiensi penyisihan ion Cu (II) mencapai 80,02%. Hasil pengujian terhadap model isoterm adsorpsi menunjukkan bahwa proses biosorpsi ion Cu (II) dengan menggunakan biosorben biomassa kering mikroalga kering *Aphanothece sp.* mengikuti model isoterm *Freundlich* dengan nilai R² 0,9962.

Kata kunci: biosorpsi, mikroalga, tembaga, *Aphanothece sp.*, Isoterm Freundlich

PENDAHULUAN

Peningkatan aktivitas manusia, baik pada sektor industri, pertanian maupun rumah tangga berdampak secara langsung terhadap peningkatan jumlah produksi limbah, kebutuhan energi dan kebutuhan air bersih. Air limbah mengandung berbagai jenis polutan baik berupa kontaminan organik maupun anorganik. Logam berat merupakan jenis kontaminan anorganik utama yang sangat berbahaya karena sifat dari logam yang akan terus terakumulasi di lingkungan. Logam berat dapat berpindah dengan mudah terbawa aliran air, baik air permukaan maupun air tanah. Pencemaran logam berat merupakan masalah serius yang perlu segera ditangani.

Secara umum, logam berat bersifat toksik dan dapat menyebabkan berbagai penyakit bagi manusia maupun hewan (Kovacova dkk. 2019). Logam berat merupakan material yang tidak mudah didegradasi, tidak dapat terurai secara alami (hanya dapat mengalami perubahan bilangan oksidasi) serta memiliki waktu paruh lebih dari 20 tahun (Jan dkk. 2015; Ashraf dkk. 2019). Sehingga, kadar logam berat di lingkungan perlu diperhatikan dan dikontrol secara ketat. Beberapa jenis logam berat seperti Cr, Fe, Cu, Zn, Mn dan Ni merupakan mikronutrien esensial, namun dapat

menjadi racun dan polutan dalam konsentrasi yang berlebih (Sandeep dkk. 2019).

Tembaga adalah logam berat beracun yang dilepaskan ke lingkungan melalui industri cat, pelapisan logam, plastik, dan etsa (Ageena, 2010). Di Indonesia, limbah logam berat seperti tembaga dihasilkan dalam jumlah yang cukup besar, khususnya dari industri pertambangan, baterai, tekstil dan *electroplating*. Air yang mengandung kontaminan tembaga harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan karena bersifat toksik, bahkan pada konsentrasi rendah (Al-Saydeh dkk, 2017). Sesuai dengan Peraturan Menteri LH Republik Indonesia No.5 Tahun 2014, baku mutu logam tembaga pada air limbah berkisar antara 0,8 – 3,0 mg/L sesuai dengan jenis kegiatan industri tertentu. Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001, baku mutu tembaga adalah 0,02 mg/L untuk sumber air kelas I-III.

Berbagai teknologi telah dikembangkan untuk menghilangkan logam berat dari air limbah, yaitu: presipitasi kimia, filtrasi, elektrodposisi, proses membran, pertukaran ion dan pengolahan berbasis elektrokimia. Namun, metode-metode tersebut masih memiliki banyak kekurangan, seperti tidak ramah lingkungan, efisiensi rendah dan biaya bahan

baku yang cukup mahal (Farhan dan Khadom, 2015).

Penggunaan metode adsorpsi untuk menghilangkan kadar logam berat pada air limbah merupakan solusi yang sangat efektif dan ekonomis. Metode adsorpsi umumnya bersifat *reversible* sehingga adsorben dapat diperoleh kembali (Fu dan Wang, 2011). Berbagai jenis adsorben yang potensial untuk dimanfaatkan dalam pengolahan limbah antara lain, adsorben karbon aktif, karbon *nanotube*, dan biosorben.

Mikroalga, sebagai biomassa alami yang jumlahnya banyak dan tidak termafatkan, sangat potensial untuk digunakan sebagai biosorben logam berat. Selain itu, kapasitas adsorpsi dan efektifitas dari mikroalga sangat tinggi, harga yang relatif murah, tidak diperlukan perlakuan khusus dan tidak menghasilkan efluen yang beracun (Ajjabi dan Chouba, 2009).

Selain dapat dimanfaatkan sebagai biosorben, mikroalga sangat potensial untuk dikembangkan sebagai sumber energi alternatif, yaitu pada pembuatan biofuel seperti bioetanol, biodiesel dan biogas (Nigam dan Singh, 2011). Mikroalga merupakan sumber biomassa terbarukan yang sangat menjanjikan dalam produksi biodiesel, terutama karena kandungan lipid pada mikroalga yang jauh lebih tinggi dibandingkan

dengan tanaman lain dengan luas lahan yang sama.

Sampai saat ini, penelitian mengenai biosorpsi logam berat didominasi oleh pemanfaatan biomassa dari tanaman. Penelitian ini menggunakan biomassa kering mikroalga *Aphanothece* sp. sebagai biosorben. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada peningkatan nilai dan manfaat mikroalga khususnya pada sistem pengolahan limbah yang mengandung logam berat.

METODE

Penelitian diawali dengan persiapan alat dan bahan, proses kultivasi mikroalga dan pembuatan biomassa kering mikroalga.

Alat dan Bahan

Mikroalga yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Aphanothece* sp. (anggota *cyanobacteria* ganggang biru-hijau) yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi dan Teknologi Bioproses, Departemen Teknik Kimia, ITB. Medium pertumbuhan adalah medium BG-11.

Kultivasi Mikroalga

Kultivasi *Aphanothece* sp. dilakukan dalam dua tahap. Pembuatan inokulum dilakukan dengan menambahkan

sebanyak 100 mL kultur murni *Aphanothece sp.* ke dalam 500 mL medium BG-11 dan ditambahkan dengan 0,7 mL larutan campuran *trace element* A5. Setelah itu inokulum ditempatkan dalam sistem foto-bioreaktor dalam mode fotoautotrofik dengan *aerasi* dan pencahayaan sekitar 5700 lux menggunakan lampu. Biomassa mikroalga dipanen pada akhir pertumbuhan eksponensial (14 hari inokulasi).

Pembuatan Biosorben

Biomassa mikroalga dipisahkan dengan menggunakan sentrifugasi pada 6000 rpm selama 10 menit. Biomassa kemudian dikeringkan pada suhu 60°C dalam oven selama tujuh hari dan kemudian dihaluskan dengan menggunakan *cruser* dan diayak melalui jaring ukuran 45 mesh (berdiameter sekitar 354 μm). Biomassa kering yang diperoleh disimpan dalam wadah tertutup dan digunakan sebagai biosorben pada penelitian ini.

Pembuatan Larutan Tembaga

Larutan tembaga (II) 1000 ppm dibuat dengan melarutkan 0,5 g serbuk logam tembaga dengan menggunakan 10 mL HNO_3 pekat, setelah larut ditambahkan dengan akuades hingga volume 500 mL. Larutan kemudian diaduk hingga homogen. Dalam

percobaan ini, konsentrasi larutan tembaga yang digunakan adalah 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm dan 30 ppm.

Percobaan Biosorpsi

Percobaan biosorpsi tembaga dilakukan secara batch pada berbagai variasi perlakuan, yaitu variasi waktu, pH dan konsentrasi larutan tembaga.

(i) Penentuan waktu optimum

Sebanyak 0,05 g serbuk biosorben dimasukkan ke dalam 7 erlemeyer 100 mL, kemudian ditambahkan dengan 50 mL larutan Cu (II) 10 ppm kemudian diaduk dengan menggunakan *shaker incubator* selama 30, 60, 90, 120, 150, 180 dan 210 menit. Campuran kemudian disaring dan diambil filtratnya untuk analisis kadar Cu (II) setelah proses biosorpsi.

(ii) Penentuan pH optimum

Serbuk kering mikroalga sebanyak 0,05 g dimasukkan ke dalam erlemeyer 100 mL dan ditambahkan dengan 50 mL larutan Cu (II) 10 ppm pH 3. Campuran diaduk dengan menggunakan *shaker incubator* selama 180 menit kemudian disaring. Percobaan diulang dengan pH 4, 5, 6, 7, 8 dan 9.

(iii) Penentuan kapasitas biosorpsi

Larutan Cu (II) dengan konsentrasi 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 ppm sebanyak 50 mL dimasukkan ke dalam 6 buah erlemeyer berbeda, kemudian

ditambahkan dengan biosorben mikroalga sebanyak 0,05 g. Campuran diaduk dengan menggunakan *shaker incubator* pada pH optimum, selama waktu optimum kemudian disaring. Filtrat yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA).

Analisis

Setelah percobaan biosorpsi diperoleh filtrat yang mengandung logam tembaga. Analisis kadar tembaga dalam sampel air/filtrat dilakukan dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Sebelum dilakukan pengukuran sampel, dibuat dulu larutan blanko dan larutan baku sehingga diperoleh kurva kalibrasi yang dapat digunakan untuk mengukur kadar tembaga dalam sampel.

Adapun efisiensi proses biosorpsi dihitung menggunakan persamaan (1). Di mana C_0 dan C_f adalah konsentrasi Cu (II) awal dan akhir.

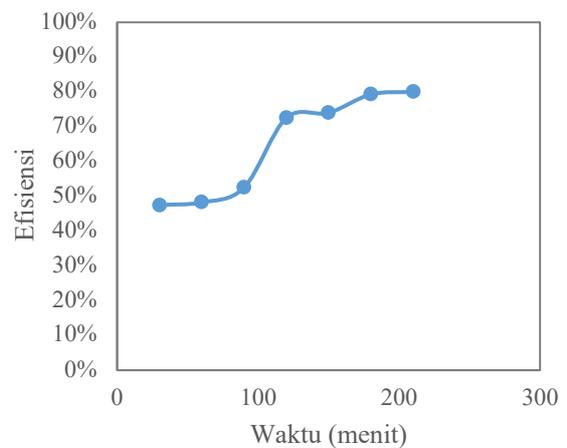
$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{(C_0 - C_f)}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Waktu Optimum

Waktu optimum proses biosorpsi logam Cu (II) dengan menggunakan mikroalga *Aphanothece* sp. sebagai biosorben ditentukan dengan membandingkan efisiensi proses adsorpsi

terhadap waktu (Gambar 1). Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa efisiensi proses biosorpsi meningkat seiring waktu. Efisiensi penurunan tertinggi adalah 80,02% yaitu untuk proses biosorpsi selama 210 menit. Namun, nilai ini tidak berbeda jauh dengan efisiensi proses pada waktu 180 menit, yaitu 79,28%.



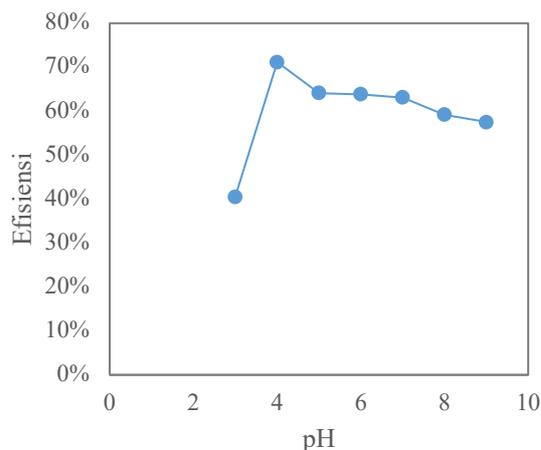
Gambar 1. Grafik hubungan waktu kontak terhadap efisiensi proses biosorpsi logam Cu (II)

Proses adsorpsi berbanding lurus dengan waktu kontak sampai pada waktu tertentu efisiensi proses menjadi konstan bahkan menurun karena telah mencapai kesetimbangan dan biosorben telah jenuh. do Nascimento dkk. (2019) melakukan percobaan adsorpsi logam Cu(II) menggunakan biomassa *Sacharomyces cerevisiae* sebagai biosorben, adapun hasilnya menunjukkan efisiensi yang lebih rendah (76%) dengan waktu kontak mencapai 4 jam dan konsentrasi biosorben sebesar 20 g/L

untuk larutan Cu (II) 25 ppm. Berdasarkan hal ini, maka dapat diketahui bahwa perbedaan biosorben yang digunakan pada proses biosorpsi dapat memberikan hasil efisiensi proses adsorpsi yang berbeda pula.

Penentuan pH Optimum

Salah satu faktor yang mempengaruhi proses biosorpsi ion logam adalah pH karena dapat mempengaruhi kelarutan logam dan derajat disosiasi gugus fungsi yang terletak di permukaan biosorben. Pengaruh pH terhadap efisiensi proses biosorpsi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan pH terhadap efisiensi proses biosorpsi logam Cu(II)

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, efisiensi biosorpsi meningkat seiring meningkatnya pH, dan pH optimum untuk proses biosorpsi logam Cu(II) menggunakan biosorben mikroalga kering *Aphanothece sp.* adalah berkisar pada pH 4 dengan efisiensi

proses biosorpsi mencapai 71,18%. Adapun efisiensi proses biosorpsi terendah adalah pada pH 3 dengan efisiensi biosorpsi 40,55%.

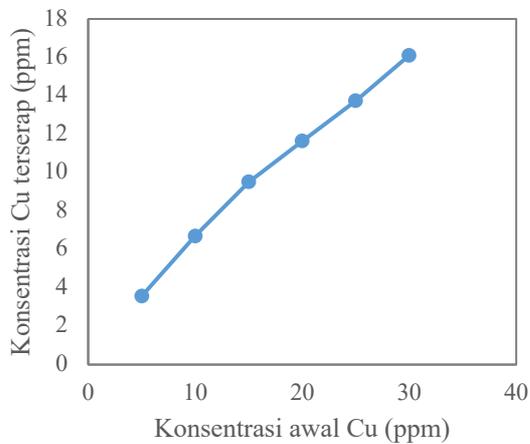
Pengaruh pH terhadap proses adsorpsi yaitu pada pH lebih rendah terjadi protonasi gugus fungsi dan permukaan biomassa bermuatan positif, sehingga terjadi persaingan antara ion hidrogen dengan ion logam di situs aktif biosorben. Dengan meningkatnya pH, maka terjadi peningkatan pengikatan ion logam pada permukaan biosorben.

Berbagai penelitian telah melaporkan pengaruh pH terhadap efisiensi adsorpsi. Gong, dkk. (2005) melaporkan bahwa proses adsorpsi logam meningkat pada kisaran pH 4,0–6,0. Al-Homaidan dkk. (2014) memperoleh hasil biosorpsi maksimal pada pH 7,0. do Nascimento dkk. (2019) melaporkan bahwa pH optimal untuk proses biosorpsi Cu (II) menggunakan biomassa *Sacharomyces cerevisiae* adalah pada pH 5,0. Perbedaan hasil ini mengindikasikan bahwa pH sangat mempengaruhi proses adsorpsi ion logam dan bervariasi untuk setiap jenis adsorben dan adsorbat yang digunakan.

Penentuan Tipe Isoterm Adsorpsi

Konsentrasi awal Cu (II) optimum proses biosorpsi dengan menggunakan mikroalga *Aphanothece sp.* sebagai biosorben ditunjukkan pada Gambar 3. Konsentrasi awal mempengaruhi jumlah

ion Cu (II) yang teradsorpsi. Hal ini disebabkan oleh banyaknya ion logam yang tersedia pada sisi aktif biosorben.



Gambar 3. Grafik hubungan waktu kontak terhadap efisiensi proses biosorpsi logam Cu(II)

Pada konsentrasi awal logam Cu (II) 5 ppm, efisiensi proses adsorpsi Cu (II) mencapai 70%. Namun, seiring bertambah konsentrasi, persentase pengurangan Cu (II) menjadi semakin kecil, yaitu pada Cu (II) 30 ppm efisiensi menjadi 53%. Hal ini mungkin disebabkan oleh kejenuhan sisi aktif pada adsorben seiring peningkatan konsentrasi logam (Al-Homaidan dkk. 2014; Malkoc, 2006).

Hasil variasi konsentrasi ini digunakan untuk menentukan kapasitas biosorpsi, yaitu menggunakan model isoterm *Langmuir* dan isoterm *Freundlich*. Adapun model isoterm *Langmuir* ditunjukkan pada persamaan (2), sedangkan model persamaan linear isoterm *Freundlich* ditunjukkan pada persamaan (3).

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{q_m} + \frac{1}{K_L q_m} \quad (2)$$

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (3)$$

$$q \text{ (mg/g)} = \frac{(C_0 - C_f)}{m} \times v \quad (4)$$

Di mana untuk adsorpsi isoterm *Langmuir*, C_e adalah konsentrasi Cu (II) pada saat kesetimbangan (mg/L), q_e adalah jumlah zat teradsorpsi per gram biosorben (mg/g) ditentukan dengan menggunakan persamaan (4), K_L adalah konstanta biosorpsi *Langmuir* (L/mg), q_m adalah kapasitas biosorpsi maksimum (mg/g). Sedangkan untuk adsorpsi isoterm *Freundlich*, $1/n$ merupakan konstanta empiris yang menunjukkan heterogenitas adsorben, dan K_f adalah konstanta biosorpsi *Freundlich* (mg/g). Adapun untuk persamaan (4), m adalah berat biosorben yang digunakan (g) dan v adalah volume larutan logam (mL).

Hasil plot antara C_e/q_e terhadap C_e (isoterm *Langmuir*) ditunjukkan pada Gambar 4. Sedangkan plot $\log q_e$ vs $\log C_e$ (isoterm *Freundlich*) ditunjukkan pada Gambar 5. Adapun rangkuman data parameter untuk kedua jenis isoterm ditunjukkan pada Tabel 1.

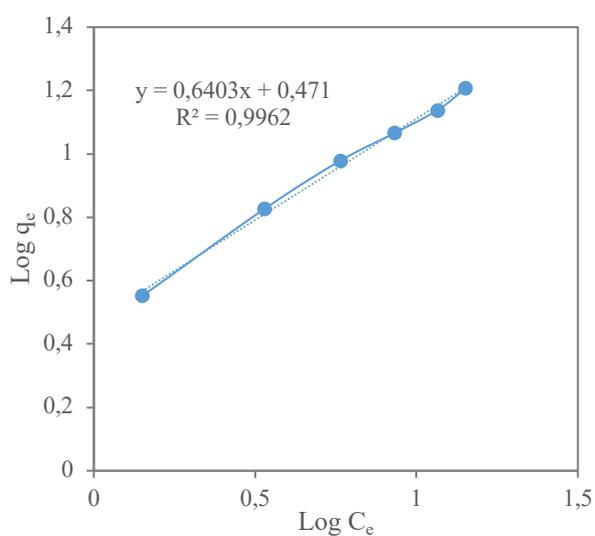
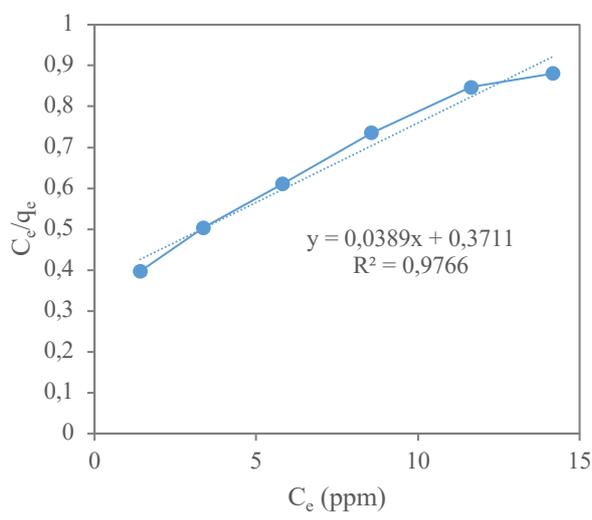
Untuk memilih tipe yang sesuai digunakan koefisien korelasi (R^2) sesuai dengan grafik linear untuk setiap persamaan. Nilai R^2 mendekati satu

menunjukkan bahwa jenis isoterm adsorpsi mengikuti persamaan tersebut.

Tabel 1. Parameter isoterm Langmuir dan Freundlich

Parameter	Langmuir	Freundlich
K_L (L/mg)	0,11	-
q_m (mg/g)	25,73	-
R^2	0,9766	0,9962
K_f (mg/g)	-	2,95
n	-	1,56

Berdasarkan percobaan yang dilakukan dapat diketahui bahwa proses biosorpsi logam Cu (II) menggunakan



Gambar 5. Grafik isoterm *Freundlich*

Isoterm *Langmuir* memberikan nilai R^2 0,9766. Tipe isoterm *Freundlich* mengindikasikan bahwa permukaan adsorben bersifat heterogen dan proses adsorpsi berlangsung secara fisik.

Kesesuaian model isoterm adsorpsi sangat bergantung pada jenis biosorben yang digunakan, konsentrasi logam dan kondisi operasi. Setiap biosorben dapat memberikan tipe isoterm adsorpsi yang berbeda. Feng dkk. (2009) melaporkan hasil biosorpsi logam Cu (II) menggunakan biosorben kulit jeruk termodifikasi dan memperoleh hasil biosorpsi mengikuti model isoterm *Langmuir*. Sedangkan Akar dan Tunali (2006) menggunakan *Asperigillus flavus* pada proses biosorpsi Cu (II) menunjukkan model adsorpsi *Freundlich*.

KESIMPULAN

Biosorpsi merupakan metode yang sangat potensial untuk dikembangkan dalam bidang pengolahan limbah yang mengandung logam berat. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa biomassa kering mikroalga *Aphanothece sp.* dapat digunakan sebagai biosorben logam Cu (II) yang cukup efektif dan efisien.

Proses ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti waktu kontak, pH larutan, konsentrasi biosorben dan konsentrasi awal larutan tembaga. Efisiensi proses

biosorpsi ion tembaga menggunakan biomassa kering mikroalga *Aphanothece* sp. mencapai 80,02% dengan kondisi operasi optimum proses biosorpsi adalah pada pH 4 dan waktu kontak 180 menit.

Proses biosorpsi mengikuti isoterm *Freundlich* dengan nilai R^2 0,9962 dan kapasitas biosorpsi *Freundlich*, tetapan K_f adalah 2,95 mg/g.

DAFTAR RUJUKAN

- Ageena, N. A. 2010, The Use of Local Sawdust as an Adsorbent for the Removal of Copper Ion from Wastewater Using Fixed Bed Adsorption. *Eng. & Tech Journal*, vol. 28, no. 2, hh. 224–235.
- Ajjabi, L. C. & Chouba, L. 2009, Biosorption of Cu^{2+} and Zn^{2+} from aqueous solutions by dried marine green macroalga *Chaetomorpha linum*. *Journal of Environmental Management*, vol. 90, no. 11, hh. 3485–3489.
- Akar, T., & Tunali, S. 2006, Biosorption characteristics of *Aspergillus flavus* biomass for removal of Pb(II) and Cu(II) ions from an aqueous solution. *Bioresource Technology*, vol. 97, no. 15, hh. 1780–1787.
- Al-Homaidan, A. A., Al-Houri, H. J., Al-Hazzani, A. A., Elgaaly, G., & Moubayed, N. M. S. 2014, Biosorption of copper ions from aqueous solutions by *Spirulina platensis* biomass. *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 7, no. 1, hh. 57–62.
- Al-Saydeh, S. A., El-Naas, M. H. & Zaidi, S. J. 2017, Copper removal from industrial wastewater: A comprehensive review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 56, hh. 35–44.
- Ashraf, S., Ali, Q., Zahir, Z. A., Ashraf, S., & Asghar, H. N. 2019, Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 174, hh. 714–727.
- do Nascimento, J. M., de Oliveira, J. D., Rizzo, A. C. L., & Leite, S. G. F. 2019, Biosorption Cu (II) by the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnology Reports*, vol. 21.
- Farhan, S. N., & Khadom, A. A. 2015, Biosorption of heavy metals from aqueous solutions by *Saccharomyces Cerevisiae*. *International Journal of Industrial Chemistry*, vol. 6, no. 2, hh. 119–130.
- Feng, N. chuan, Guo, X. yi, & Liang, S.

- 2009, Kinetic and thermodynamic studies on biosorption of Cu(II) by chemically modified orange peel. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, vol. 19, no. 5, hh. 1365–1370.
- Fu, F., & Wang, Q. 2011, Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review. *Journal of Environmental Management*, vol. 92, no. 3, hh. 407–418.
- Gong, R., Ding, Y., Liu, H., Chen, Q., & Liu, Z. 2005, Lead biosorption and desorption by intact and pretreated spirulina maxima biomass. *Chemosphere*, vol. 58, no. 1, hh. 125–130.
- Jan, A. T., Azam, M., Siddiqui, K., Ali, A., Choi, I., & Haq, Q. M. R. 2015, Heavy metals and human health: Mechanistic insight into toxicity and counter defense system of antioxidants. *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 16, no. 12, hh. 29592–29630.
- Kovacova, Z., Demcak, S., & Balintova, M. 2019, Removal of Copper from Water Solutions by Adsorption on Spruce Sawdust. *Proceedings*, vol. 16, no. 52, hh. 1-4.
- Malkoc, E. 2006, Ni(II) removal from aqueous solutions using cone biomass of Thuja orientalis. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 137, no. 2, hh. 899–908.
- Nigam, P. S., & Singh, A. 2011, Production of liquid biofuels from renewable resources. *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 37, no. 1, hh. 52–68.
- Sandeep, G., Vijayalatha, K. R., & Anitha, T. 2019, Heavy metals and its impact in vegetable crops. *International Journal of Chemical Studies*, vol. 7, no. 1, hh. 1612–1621.