PENYERAPAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu^{2+}) OLEH BIOSORBEN MIKROALGA

Nanda Astuti Lieswito

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan,
Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

Email korespondensi: nanda08215040@std.trisakti.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan zaman yang semakin meningkat ditandai dengan maraknya pembangunan industri yang kerap menghasilkan air limbah yang perlu dikelola dengan baik. Biosorpsi merupakan salah satu langkah alternatif dalam mengurangi cemaran logam berat seperti logam Cu^{2+} . Biomassa yang efektif digunakan dalam proses penyerapan yaitu mikroalga. Tujuan penulisan karya ilmiah ini adalah untuk memberikan informasi mengenai metode penyerapan logam berat dalam penanggulangan pencemaran logam berat di lingkungan. Beberapa penelitian telah dilakukan mengenai metode yang tepat dalam melakukan proses penyerapan menggunakan mikroalga. Metode yang dilakukan agar diperoleh proses penyerapan yang optimum adalah dengan mengatur kondisi lingkungan yang menjadi faktor utama dalam proses penyerapan logam berat seperti mengatur suhu, waktu kontak, pH, maupun konsentrasi awal limbah yang mengandung logam berat. Efisiensi penyerapan logam berat Cu^{2+} menggunakan mikroalga mencapai kisaran 43% - 91%, dengan menggunakan jenis mikroalga dan kondisi lingkungan yang berbeda. Hal ini memperkuat bahwa mikroalga sangat efektif digunakan sebagai biosorben yang ramah lingkungan dalam proses penyerapan logam berat Cu^{2+} di perairan.

Kata Kunci: Biosorpsi, Logam Berat Tembaga, Mikroalga.

PENDAHULUAN

Pembangunan industri yang semakin meningkat, menghasilkan produk yang bermanfaat juga menghasilkan air limbah yang perlu dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan pencemaran (Va, dkk, 2018). Salah satu pencemaran yang berbahaya adalah pencemaran logam berat. Logam berat yang umum ditemui sebagai pencemar di perairan yaitu Cu, Zn, Cr, Cd, Pb, Ni, dan Ag. Salah satu logam berat yang paling umum ditemukan sebagai pencemar di lingkungan yaitu logam berat tembaga (Cu^{2+}). Menurut PERMENKES Republik Indonesia No.492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, kandungan maksimal logam berat Cu^{2+} yaitu sebesar 2 ppm. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Cu^{2+} kadar paling tinggi yang diperbolehkan untuk logam dalam pelapis logam yaitu sebesar 0.5 mg/L, dengan demikian penanganan air limbah logam harus dilakukan.

Berbagai metode digunakan untuk memisahkan logam berat dari air limbah, diantaranya yaitu seperti metode ion *exchange*, pengendapan secara kimia, dan filtrasi mekanik (Pratiwi, Prinajati, 2018). Namun masing-masing metode tersebut mempunyai keterbatasan seperti menyebabkan polusi sekunder dari penggunaan bahan kimia, seperti endapan yang bersifat racun, dan biaya yang digunakan relatif mahal (Obloh, dkk., 2009). Salah satu metode alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah pencemaran adalah biosorpsi.

Biosorpsi merupakan istilah yang digunakan untuk menghilangkan logam berat menggunakan materi biologi (biomassa) atau mikroorganisme dari dalam larutan (Liu, dkk., 2013). Keuntungan penggunaan metode biosorpsi adalah biaya operasi rendah,

minimalisasi volume lumpur biologis yang akan dibuang, dan efisiensi yang tinggi dalam mendetoksifikasi air limbah (Feng, dkk., 2009).

Biomassa yang dapat digunakan dalam proses biosorpsi yaitu mikroalga, bakteri, dan jamur (Shamim, 2018). Mikroalga memiliki kemampuan terbesar untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat yang terkandung di dalam air limbah (Ahalya, 2010). Di dalam mikroalga terdapat gugus fungsi yang dapat melakukan pegikatan ion logam. Keuntungan penggunaan mikroalga yaitu ramah lingkungan karena berasal dari bahan biologis, dapat didaur ulang kembali, dan biaya perawatan rendah (Kumar, dkk., 2014). Tujuan dari penulisan karya ilmiah ini adalah untuk mendapatkan informasi mengenai proses penyerapan logam berat sebagai alternatif metode dalam penanggulangan pencemaran logam berat di lingkungan.

TINJAUAN PUSTAKA

Logam Berat Tembaga (Cu^{2+})

Logam berat adalah suatu logam dengan berat jenis lebih besar dari 5 g/cm^3 . Logam berat diklasifikasikan sebagai logam esensial dan non esensial. Logam berat dalam konsentrasi rendah masih diperlukan oleh makhluk hidup. Sedangkan logam berat dengan konsentrasi yang tinggi memiliki dampak yang merugikan bagi makhluk hidup. Potensi logam berat menjadi salah satu bahan pencemar yang beracun bagi makhluk hidup, didukung dengan salah satu sifat logam yang membentuk ikatan dengan bahan-bahan organik di alam maupun bahan organik hasil sintesis manusia (Shamim, 2018).

Logam berat yang masuk ke dalam perairan dengan konsentrasi rendah jika secara alami bergabung seperti biomagnifikasi, konsentrasi logam berat dapat meningkat dan dapat bersifat racun bagi makhluk hidup. Logam berat berada di dalam air limbah industri disebabkan karena kemampuan mobilitasnya di permukaan air. Logam berat merupakan unsur yang stabil dan tidak dapat diurai oleh jaringan tubuh manusia (Kumar, dkk., 2014). Hossain, (2012) menjelaskan bahwa ion Cu^{2+} akan bersifat toksik bila logam ini masuk ke dalam tubuh organisme sehingga menyebabkan gangguan dan penyakit pada otak, kulit, hati, pankreas, miokardium. Logam berat Cu^{2+} juga dapat menyebabkan penyakit neurotoksisitas, toksisitas akut, pusing, dan diare (Abbas, dkk 2014).

Mikroalga Sebagai Biosorben

Mikroorganisme yang hidup di daerah perairan salah satunya adalah mikroalga. Kelimpahan mikroalga dapat berdampak buruk terhadap lingkungan perairan karena dapat mengganggu ekosistem perairan akibat terhambatnya penetrasi matahari. Mikroalga yang melimpah di perairan sebagai bahan baku dalam proses fotosintesis akan menyebabkan penurunan oksigen terlarut dan tingkat keasaman dalam perairan yang pada akhirnya mengakibatkan terjadinya ketidakseimbangan ekosistem perairan (Rinanti, dkk., 2018).

Mikroalga dapat dijadikan biosorben dalam keadaan hidup, dalam keadaan mati, maupun dalam keadaan mati yang terikat. Ukuran partikel biomassa hidup yang kecil memiliki kekurangan seperti kekuatan mekanis yang rendah, dapat menyebabkan penyumbatan pada reactor, dan sulit untuk regenerasi biosorben. Oleh karena itu, mikroalga yang terikat dengan polimer dapat digunakan sebagai jalan keluarnya. Mikroalga yang terikat biasanya lebih mudah ditangani, dan lebih mudah dilakukan pemisahan antara padatan dan cairan (Wang dan Can, 2009).

Jenis mikroalga yang banyak ditemukan sebagai penyebab terjadinya *algal blooming* adalah mikroalga hijau. Untuk mengatasi masalah tersebut, kelimpahan

mikroalga dapat dimanfaatkan sebagai energi alternative dalam memecahkan masalah lingkungan. Kumar, dkk, (2014) melaporkan bahwa mikroalga yang dapat melakukan efisiensi penyisihan logam berat lebih tinggi dalam proses biosorpsi adalah *Chorella sorokiniana* dan *Scenedesmus obliquus*. Menurut Kumar (2015), beberapa jenis mikroalga yang dapat digunakan dalam proses biosorpsi logam Cu^{2+} dapat dilihat pada table 1

Tabel 1. Mikroalga Yang Sering Digunakan Dalam Penyerapan Logam Berat Tembaga

Mikroalga	pH	Jenis Biomassa
<i>Chlorella vulgaris</i>	4 dan 4.5	Mati
	4,5	Imobilisasi
<i>Eudorina elegans</i>	4 - 5	Hidup dan Mati
<i>Microcystis aeruginosa</i>	4 - 5	Hidup dan Mati
<i>Scenedesmus obliquus</i>	4,5	Mati
	7	Hidup
<i>Spirulina platensis</i>	6	Mati
	9	Hidup

Biosorpsi Menggunakan Mikroalga

Biosorpsi merupakan proses penyerapan yang memanfaatkan kemampuan bahan biologi atau organisme, baik menggunakan makro maupun mikroorganisme, dapat berupa organisme mati maupun organisme hidup yang dapat mengakumulasi logam berat dari suatu larutan fisik kimia (Rinanti, dkk., 2017). Zhang X, dkk, (2016) menjelaskan bahwa biomassa yang melakukan penyerapan dan mengakumulasi ion-ion logam disebut biosorben, sedangkan bahan yang diserap disebut adsorben, dan fase penyerapan disebut absorbat.

Biosorpsi terjadi secara metabolik dengan proses pasif. Polutan dapat diserap kedalam struktur seluler biosorben Jumlah kontaminan yang dapat dihilangkan oleh biosorben bergantung pada keseimbangan kinetik dan komposisi permukaan seluler biosorben (Kumar, dkk., 2014).

Biomassa hidup maupun mati dapat digunakan dalam proses biosorpsi, namun penggunaan biomassa mati lebih menguntungkan. Keuntungan dari penggunaan biomassa mati pada proses penyerapan adalah sifat beracun logam berat terlarut tidak dapat mempengaruhi kapasitas serapan biomassa, tidak memerlukan suplai nutrient, dapat diregenerasi dan dapat digunakan kembali untuk beberapa siklus (Wyk, 2011). Proses penyerapan tergantung pada banyak faktor yang dapat mempengaruhi proses biosorpsi tersebut, terkait dengan biomassa dan logamnya. Faktor utama yang dapat mempengaruhi proses penyerapan menurut Abbas, dkk., (2014) adalah waktu kontak, pH, suhu, konsentrasi awal ion logam, dan karakteristik biomassa.

Beberapa penelitian telah dilakukan mengenai penyerapan logam berat Cu^{2+} menggunakan mikroalga. Potensi mikroalga sebagai biosorben ditunjukkan berdasarkan hasil beberapa penelitian di bawah ini, yaitu:

- Mikroalga *Spirulina platensis* mampu menyerap Cu^{2+} dengan efisiensi penyisihan maksimum sebesar 90,6% pada pH 7 selama 90 menit (Al-Homaidan, dkk., 2013).
- Efisiensi penyisihan maksimum sebesar 43,19% pada pH 3 selama 180 menit dengan mikroalga *Ankistrodesmus braunii*, *Chlorella* sp., and *Scenedesmus quadricauda* var *quadrispina* (Rinanti, dkk., 2017).
- Selama 240 menit dengan pH 6, mikroalga *Scenedesmus obliquus* mampu menyerap dengan efisiensi penyisihan sebesar 65,54% (Rinanti, dkk., 2018).

- *Chlorella* sp, *Ankistrodesmus braunii*, *Scenedesmus quadricauda* and *Saccharomyces cerevisiae* memiliki efisiensi penyerapan sebesar 66,36% (Rinanti, dkk., 2018).

PENUTUP

Metode biosorpsi atau penyerapan logam berat menggunakan bahan biologis diyakini mampu menjadi metode alternatif dalam menanggulangi pencemaran logam berat di lingkungan. Metode utama yang sering digunakan dalam proses penyerapan terhadap logam berat di perairan yaitu dengan mengatur kondisi lingkungan selama proses penyerapan agar memperoleh efisiensi penyerapan paling tinggi. Mikroalga merupakan mikroba yang sering dijadikan sebagai biosorben dalam proses penyerapan karena memiliki keuntungan berasal dari bahan biologis yang ramah lingkungan dan dapat di daur ulang kembali serta biaya perawatan yang rendah. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan dalam menanggulangi pencemaran logam berat di lingkungan, mikroalga terbukti dapat digunakan sebagai biosorben. Efisiensi penyerapan yang tinggi berkisar antara 43% - 91% membuktikan bahwa mikroalga sangat efektif digunakan untuk menurunkan kadar Cu^{2+} dalam air limbah sehingga dapat menjadi metode alternatif untuk mengedalikan logam berat di perairan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (RISTEKDIKTI) Republik Indonesia atas pendanaan penelitian ini melalui Program Hibah Proposal Kreativitas Mahasiswa Bidang Penelitian (PKM-PE) tahun 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, S.H., Ibrahim M. Ismail, Tarek M. Mostafa, Abbas H. Solaymon. 2014. *Biosorption Of Heavy Metals: A Review*. Journal of Chemical Science and Technology, Vol, 3 ISS 4, PP. 74-102.
DOI: <https://www.researchgate.net/publication/305406432>
- Al-Homaidan, Ali A, Hadeel J. Al-Houri, Amal A. Al-Hazzami, Gehan Elgaaly, Nadine M.S. Moubayed. 2013. *Biosorption Of Copper Ions From Aqueous Solutions By Spirulina Platensis Biomass*. Arabian Journal of Chemistry.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.05.022>
- Daneshvar, Ehsan, Arya Vazirzadeh, Ali Niazi, Masoud Kousha, Mu. Naushad, Amit Bhatnagar. 2017. *Desorption Of Methylene Blue Dye From Brown Macroalga: Effect Of Operating Parameters, Isotherm Study And Kinetic Modeling*. Elsevier, Journal of Cleaner Production, 443-453.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.119>
- FENG Ning-chuan, GUO Xue-yi, LIANG Sha. *Kinetic And Thermodynamic Studies On Biosorption Of Cu(II) By Chemically Modified Orange Peel*. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2009, 19(5): 1365_1370.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(08\)60451-3](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(08)60451-3)
- Kumar, K. Suresh, Hans Uwe Dahms, Eun Ji Won, Jae Seong Lee, Kyung Hoon Shin. 2014. *Microalgae: A Promising Tool For Heavy Metal Remediation*. 113: 329-352.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.12.019>

- Lee, Kang Oon, Nazaruddin Ramli, Mamot Said, Musa Ahmad, Suhaimi Md Yasir, dan Arbakariya Ariff. 2011. *Competitive Metal Sorption And Desorption Onto Kappaphycus Alvarezii, Seaweed Waste Biomass*. The Malaysian Journal of Analytical Sciences, Vol 15 No 2: 252 – 257.
- Liu, Yun-guo, Ting Liao, Zhong-bing He, Ting-ting Li, Hui Wang, Xin-jiang Hu, Yi-ming Guo, Yuan He. 2013. *Biosorption Of Copper(II) From Aqueous Solution By Bacillus Subtilis Cells Immobilized Into Chitosan Beads*. Elsevier, Transactions of Nonferrous Metals Society Of China. 23(6): 1804-1814.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(13\)62664-3](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(13)62664-3)
- M.A, Hossain, H.H Ngo, W.S Guo, T. Setiadi. 2012. *Adsorption and Desorption of Copper (II) Ions Onto Garden Grass*. 121:386-395.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2012.06.119>
- Obloh I, Aluyor E, Udu T. 2009. *Biosorption of Heavy Metal Ions from Aqueous Solutions Using a Biomaterial*. Leonardo Journal Of Sciences, Vol. 14, pp. 58-65, ISSN 1583-0233.
- Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 tahun 2014 tentang Standar Kualitas Air Limbah
- Pratiwi, R., Prinajati, P.S.D. *Adsorption for Lead Removal by Chitosan from Shrimp Shells*. Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology. 2(1): 35-46.
DOI: <http://dx.doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v2i1.3554>
- Riananti, Astri, D. Jonathan, M.D.S Silalahi, M.F Fachrul, dan R. Hadisoebroto. 2018. *The effect of biomass concentration on polymer alginate in the immobilized biosorbent formation during the sorption process of heavy metal Cu²⁺*. The 4th International Seminar On Sustainable Urban Development.
DOI: 10.1088/1755-1315/106/1/012094
- Rinanti, Astri, dan Purwadi, Ronny. 2018. *Pemanfaatan Mikroalga Blooming dalam Produksi Bioethanol tanpa Proses Hidrolisis*. Prosiding Seminar Nasional Kota Berkelanjutan 2018.
DOI: <http://dx.doi.org/10.25105/psnkb.v1i1.2908>
- Rinanti, Astri, Melati Ferianita Fachrul, Rositayanti Hadisoebroto, dan Mawar Silalahi. 2017. *Improving Biosorption of Cu(II)-Ion Artificial Wastewater By Immobilized Biosorbent Of Tropical Microalgae*. Japan: International Journal Of Geomate, Vol.13 Issue 36.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21660/2017.36.2744>
- Shamim, Saba. 2018. *Biosorption Heavy Metals*. IntechOpen
DOI: 10.5772/intechopen.72099
- Va, V., Setiyawan, A.S., Soewondo, P., Putri, D.W. *The Characteristics of Domestic Wastewater from Office Buildings in Bandung, West Java, Indonesia*. Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology. 1(2): 199 – 214.
DOI: <http://dx.doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v1i2.2826>
- Wang C, Chen J. 2009. *Biosorption for Heavy Metals Removal and Their Future*, Biotechnol.Adv., Vol. 27, pp. 195-226.
DOI: 10.1016/j.biotechadv.2008.11.002
- Wyk, C. S. Van. 2011. *Removal of heavy metals from metal-containing effluent by yeast biomass*. African Journal Of Biotechnology Vol 10 (55), pp. 11557 – 11561.
DOI: <https://www.researchgate.net/publication/266069487>

Zhang, Xiaoyue, Xinqing Zhao, Chun Wan, Bailing Chen, dan Fengwu Bai. 2016. *Efficient Biosorption Of Cadmium By The Self-Flocculating Microalga Scenedesmus Obliquus AS-6-1*. Elsevier B.V. Algal Research 427 – 433.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.04.002>