

PENYERAPAN LOGAM BERAT SECARA BIOKIMIWI OLEH BAKTERI GRAM POSITIF DAN GRAM NEGATIF: A MINI RIVIEW

BIOCHEMICAL ABSORPTION OF HEAVY METALS BY GRAM POSITIVE AND GRAM NEGATIVE BACTERIA: A MINI RIVIEW

Dilo Jhosea Luciano Eduardo, Rudi Kartika*, Ripaldy Apriansya, Shaparuddin Nur Arifullah, Muhammad Adhitya Rizkirullah

²Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Samarinda

*Corresponding author: rudi_biokimia@yahoo.com

Diterbitkan: 31 Oktober 2025

ABSTRACT

Scenedesmus sp. is a freshwater green alga that functions as an ionic biosorbent and can also be a bioindicator for water contaminated with hexavalent chromium Cr(VI) ion. This study aimed to observe the growth of *Scenedesmus* sp. exposed to Cr(VI) ion at various concentrations and analyze the remaining Cr(VI) ion that did not undergo biosorption by microalgae. This research was conducted on *Scenedesmus* sp. microalgae growth media using five bioreactors, each with a different Cr(VI) ion exposure concentration. The remaining ion in the growth media was analyzed for its concentration with an ultraviolet-visible spectrophotometer at time variations with an interval of two days. Maximum biosorption with exposure to Cr(VI) occurred at a concentration of 1.0 ppm on day 12 of 99.93%. At concentrations of 5.0 ppm and 7.0 ppm, microalgae growth was very poor, indicating the medium was toxic.

Keywords: *Biosorption, Hexavalent Chromium, Scenedesmus sp, Toxicity*

ABSTRAK

Scenedesmus sp. merupakan alga hijau air tawar yang berfungsi sebagai biosorben ionik dan dapat pula menjadi bioindikator perairan yang tercemar ion kromium heksavalen Cr(VI). Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pertumbuhan *Scenedesmus* sp. yang terpapar ion Cr(VI) pada berbagai konsentrasi dan menganalisis sisa ion Cr(VI) yang tidak mengalami biosorpsi oleh mikroalga. Penelitian ini dilakukan pada media pertumbuhan mikroalga *Scenedesmus* sp. dengan menggunakan lima bioreaktor yang masing-masing memiliki konsentrasi paparan ion Cr(VI) yang berbeda. Sisa ion pada media pertumbuhan dianalisis konsentrasinya dengan spektrofotometer ultraviolet-visibel pada variasi waktu dengan selang waktu dua hari. Biosorpsi maksimum dengan paparan Cr(VI) terjadi pada konsentrasi 1,0 ppm pada hari ke-12 sebesar 99,93%. Pada konsentrasi 5,0 ppm dan 7,0 ppm, pertumbuhan mikroalga sangat buruk, yang menunjukkan bahwa media tersebut beracun.

Kata Kunci: *Biosorpsi, Kromium Heksavalen, Scenedesmus sp, Toksisitas*

PENDAHULUAN

Mikroalga *Scenedesmus* sp. sangat kompeten dalam mengikat ion anorganik seperti karboksil, amina, sulfat, dan sulfonat, sehingga cocok untuk mengolah limbah perairan. Mikroalga memiliki keunggulan ramah lingkungan, dapat didaur ulang, dan biaya perawatan rendah (Wilan et al., 2020). *Scenedesmus* sp. merupakan mikroalga kosmopolitan yang hidup berkoloni di air payau dan tanah beriklim lembab. Selnnya berbentuk silinder (panjang 8-20 m dan lebar 3-9 m) dan dikelilingi oleh tiga lapisan yang terdiri dari lapisan dalam (selulosa), lapisan tengah (struktur membran), dan lapisan luar berupa jaring pektin dan rambut-rambut halus (Prihantini, Damayanti, dan Yuniati, 2007).

Scenedesmus sp. dimanfaatkan secara luas sebagai suplemen, pakan ikan, agen penghilang polutan untuk pengolahan air limbah, sumber biofuel, dan bioindikator pencemaran air dengan menggunakan herbisida sebagai penentu (Fodorpataki, Bartha, dan Keresztes., 2009; Makareviciene et al., 2011; Sudibandriyo dan Putri, 2020).

Aktivitas industri sering kali mencemari lingkungan sekitar dengan berbagai kelas kontaminan, di antaranya logam berat menjadi perhatian khusus karena logam berat bertahan di lingkungan dan tidak terurai atau terdegradasi menjadi senyawa yang tidak berbahaya seperti kebanyakan polutan organik. Ion logam berat bersifat toksik bagi ekosistem perairan dan kesehatan manusia di atas tingkat konsentrasi tertentu (Suprpto et al., 2020).

Ion logam berat dapat dihilangkan dari air melalui beberapa metode, seperti penyerapan fisik, sedimentasi kimia, filtrasi mekanis, dan pertukaran ion. Namun, proses ini memiliki kekurangan, seperti polusi sekunder karena bahan kimia yang digunakan dan biaya yang tinggi. Alternatif yang ramah lingkungan adalah menggunakan mikroorganisme untuk menyerap ion dari air, teknik yang dikenal sebagai biosorpsi. Metode ini sangat efisien dalam detoksifikasi air limbah, dan memiliki implementasi yang sederhana serta biaya yang rendah. Penyerapan ion logam berat oleh mikroorganisme merupakan proses yang cepat dan reversibel di mana dinding sel berfungsi sebagai tempat pengikatan, yang berarti bahwa mikroorganisme bahkan tidak perlu hidup untuk tujuan ini. Penggunaan sel mikroba yang mati dapat lebih hemat biaya karena tidak memerlukan pasokan nutrisi selama proses berlangsung. Beberapa faktor yang memengaruhi biosorpsi: karakteristik biomassa, suhu, pH, konsentrasi biosorben, waktu kontak, dan luas permukaan biomassa. Biomassa harus diimobilisasi untuk menghindari penyumbatan reaksi (Wilan et al., 2020).

Banyak teknik telah diterapkan untuk meningkatkan kinerja biosorben. Komposisi kimia permukaan penyerap dapat dimodifikasi dengan menambahkan atau menghilangkan gugus fungsi tertentu untuk meningkatkan spesifisitas dan energi pengikatan. Luas permukaan pengikatan dapat diperluas dengan meningkatkan porositas (Anuar et al., 2019). Beberapa peneliti telah menggunakan metode biosorpsi untuk menghilangkan logam berat dalam larutan menggunakan biomassa mati untuk mengikat polutan melalui penyerapan simultan, pembentukan kompleks, pengendapan permukaan mikro, dan pertukaran ion (Kusrini et al., 2019; Fomina dan Gadd, 2014; Ekmekyapar et al., 2012).

Bakteri tertentu dapat menyerap ion Pb, seperti *micrococcus* sp. dan *flavobacterium* sp., hingga 100% pada konsentrasi awal bervariasi dari 2,0 ppm hingga 10 ppm setelah paparan 3 hingga 30 hari (Susanto, Kartika, dan Koesnarpadi, 2019). Kromium merupakan logam berat yang sangat beracun dan berbahaya. Di antara rentang valensi kromium dari -2 hingga +6, hanya kromium heksavalen (Cr VI) dan kromium trivalen (Cr III) yang memiliki signifikansi lingkungan karena stabilitasnya dalam bentuk oksidasi dalam air dan penyerapan yang buruk oleh tanah dan bahan organik, sehingga lambat mengendap dari larutan (Mnif et al., 2017).

Senyawa Cr(VI) dihasilkan oleh berbagai industri seperti metalurgi, penyamakan kulit, cat, tekstil, pulp, pemurnian bijih dan minyak bumi, korosi logam, dan pelapisan listrik. Senyawa tersebut dapat terlepas ke lingkungan karena kebocoran, penyimpanan yang buruk, atau pembuangan yang tidak tepat. Ion kromium bersifat racun bagi tubuh manusia karena dapat mengiritasi saluran pernapasan, pembuluh darah, ginjal, dan kulit dalam kadar tinggi. Menurut pedoman air minum Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), batas maksimum yang direkomendasikan untuk total kromium adalah 0,05 ppm (Rahman dan Singh, 2019; Khatoon dan Rai, 2016; Khatoon et al., 2013).

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pertumbuhan *Scenedesmus* sp. yang terpapar ion Cr(VI) pada berbagai konsentrasi di media pertumbuhan, selama itu juga akan mengadsorpsi ion tersebut, kemudian menganalisis ion Cr(VI) yang tersisa di media pertumbuhan dengan selang waktu dua hari. Tingkat penyerapan ion Cr(VI) dapat menjadi bioindikator lingkungan dengan memberikan informasi tentang pertumbuhan mikroalga *Scenedesmus* sp. yang terganggu pada konsentrasi tertentu dan ditandai dengan media pertumbuhan tidak berwarna (tidak tumbuh atau mati). Namun, jika media pertumbuhan berwarna hijau, pertumbuhannya normal (tidak terganggu oleh ion Cr(VI)).

METODE

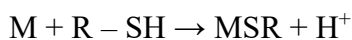
Proses Budidaya Mikroalga dan Pemaparan pada Bioreaktor 2,13 g media pertumbuhan alga atau bold basal medium (BBM) dilarutkan dalam 3 L air suling untuk mendapatkan larutan BBM (Gambar 1a). Lima fotobioreaktor disiapkan dan diisi dengan larutan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) untuk mendapatkan larutan Cr(VI) dengan konsentrasi 0 ppm, 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm, dan 7 ppm. Kultur *Scenedesmus* sp. diinokulasikan ke dalam lima fotobioreaktor yang telah diisi dengan larutan BBM dan diangin-anginkan. Mikroalga disinari secara siklis dengan lampu fluoresensi (1500 lux), menerima 12 jam cahaya dan 12 jam kegelapan pada suhu 25 °C. Konsentrasi Cr(VI) dengan variasi (0 ppm, 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm, dan 7 ppm) diukur pada setiap bioreaktor setiap dua hari selama total 12 hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kofaktor ion yang dibutuhkan oleh enzimnya dihambat secara non-kompetitif, dan reagen kompleks tersebut menukar ion logam dari enzim tersebut melebihi batas toleransinya (Daneshvar et al., 2019; Susanto, Kartika, dan Koesnarpadi, 2019).

Pada Cr(VI) 5,0 ppm, penyerapan Cr(VI) turun drastis, yang menunjukkan bahwa larutan tersebut sudah sangat beracun bagi mikroalga dan tidak terjadi pertumbuhan mikroba. Hasil yang sama diperoleh dari media 7,0 ppm, dan pada kedua media, tidak ada warna hijau yang berkembang melampaui warna hijau pucat awal. Ini merupakan bioindikasi bahwa media pertumbuhan sudah mengandung ion kromium pada konsentrasi tinggi (Susanto, Kartika, dan Koesnarpadi, 2019).

Penurunan konsentrasi ion dalam media pertumbuhan disebabkan oleh (1) adanya biosorpsi dengan katan antar gugus thiol metallothionein yaitu polipeptida yang mengandung sekitar 30% asam amino sistein (Dewi, Yuniastuti, dan Ahmed, 2018), dan (2) adanya efek penghambatan non-kompetitif ion Cr(VI) untuk membentuk garam merkaptida dengan gugus sulfidril protein enzim:



Keterangan :

M = Logam, R = Radikal protein dari mikroalga, dan SH = Sulfhidril.

Kondisi ini menghambat kerja enzim karena tidak sama dengan kofaktor sebagai aktivator enzim (Dewi, Yuniastuti, dan Ahmed, 2018).

KESIMPULAN

Mikroalga menyerap Cr(VI) dengan baik (99,93%) setelah dua belas hari inkubasi dalam media yang mengandung 1,0 ppm kromium. Inkubasi selama dua belas hari dalam media dengan 3,0 ppm kromium hanya menghasilkan penyerapan 50%. Media dengan 5,0 ppm dan 7,0 ppm kromium bersifat toksik bagi mikroalga, dengan sangat sedikit kromium yang diserap. Teknik ini dapat digunakan sebagai bioindikator lingkungan bagi perusahaan yang menghasilkan limbah ion Cr(VI) dalam proses mereka untuk menguji air limbah mereka sebelum membuangnya ke badan air atau lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anuar, F. I., Hadibarata, T., Muryanto, Yuniarto, A., Priyandoko, D., & Sari, A. A. (2019). Innovative chemically modified biosorbent for removal of Procion Red. *International Journal of Technology*, 10(4), 291–319.
- Daneshvar, E., Zarrinmehr, M. J., Kousha, M., Hashtjin, A. M., Saratale, G. D., Maiti, A., Vithanage, M., & Bhatnagar, A. (2019). Hexavalent chromium removal from water by microalgal-based materials: Adsorption, desorption and recovery studies. *Bioresource Technology*, 293, 122064.

- Dewi, N. K., Yuniastuti, A., & Ahmed, A. M. A. (2018). Identification of metallothionein gene in human plasma: A molecular analysis of cadmium and lead pollution in gas station environment. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(4), 383–390.
- Ekmekyapar, F., Aslan, A., Bayhan, Y. K., & Cakici, A. (2012). Biosorption of Pb(II) by nonliving lichen biomass of *Cladonia rangiformis* Hoffm. *International Journal of Environmental Research*, 6(2), 417–424.
- Fernández-López, J. A., Angosto, J. M., & Avilés, M. D. (2014). Biosorption of hexavalent chromium from aqueous medium with *Opuntia* biomass. *The Scientific World Journal*, 2014, Article ID 670249.
- Fodorpataki, L., Bartha, C., & Keresztes, Z. G. (2009). Stress-physiological reactions of the green alga *Scenedesmus opoliensis* to water pollution with herbicides. *Aquatic*, 17(1), 51–56.
- Fomina, M., & Gadd, G. M. (2014). Biosorption: Current perspectives on concept, definition and application. *Bioresource Technology*, 160, 3–14.
- Khatoon, H., & Rai, J. P. N. (2016). Agricultural waste materials as biosorbents for the removal of heavy metals and synthetic dyes: A review. *Octa Journal of Environmental Research*, 4(3), 208–229.
- Khatoon, N., Khan, A. H., Pathak, V., Agnihotri, N., & Rehman, M. (2013). Removal of hexavalent chromium from synthetic wastewater using synthetic nano zero valent iron (NZVI) as adsorbent. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2(11), 2319–8753.
- Kusrini, E., Wu, S., Susanto, B. H., Lukita, M., Gozan, M., Hans, M. D., Rahman, A., Degirmenci, V., & Usman, A. (2019). Simultaneous absorption and adsorption processes for biogas purification using $\text{Ca}(\text{OH})_2$ solution and activated clinoptilolite zeolite/chitosan composites. *International Journal of Technology*, 10(6), 1243–1250.
- Makareviciene, V., Andrulevičiūtė, V., Skorupskaitė, V., & Kasperovičienė, J. (2011). Cultivation of microalgae *Chlorella* sp. and *Scenedesmus* sp. as a potential biofuel feedstock. *Environmental Research, Engineering and Management*, 57(3), 21–27.
- Mnif, A., Bejaoui, I., Mouelhi, M., & Hamrouni, B. (2017). Hexavalent chromium removal from model water and car shock absorber factory effluent by nanofiltration and reverse osmosis membrane. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2017.
- Prihantini, N. B., Damayanti, D., & Yuniati, R. (2007). The effect of tauge extract medium (TEM) concentration to the growth of Subang isolated *Scenedesmus*. *Makara Journal of Science*, 11(1), 1–9.
- Rahman, Z., & Singh, V. P. (2019). The relative impact of toxic heavy metals (THMs) (arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr)(VI), mercury (Hg), and lead (Pb)) on the total environment: An overview. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(7), 1–21.
- Sudibandriyo, M., & Putri, F. A. (2020). The effect of various zeolites as an adsorbent for bioethanol purification using a fixed bed adsorption column. *International Journal of Technology*, 11(7), 1300–1308.
- Suprpto, Gotoh, T., Humaidah, N., Febryanita, R., Firdaus, M. S., & Ningrum, E. O. (2020). The effect of synthesis condition on the ability of swelling, adsorption, and desorption of zwitterionic sulfobetaine-based gel. *International Journal of Technology*, 11(2), 291–319.
- Susanto, A., Kartika, R., & Koesnarpadi, S. (2019). Lead biosorption (Pb) and cadmium (Cd) by *Flavobacterium* sp. bacteria. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 8(11), 3611–3615.
- Wilan, T., Lieswito, N. A., Suwardi, A., Hadisoebroto, R., Fachrul, M. F., & Rinanti, A. (2020). The biosorption of copper metal ion by tropical microalgae beads biosorbent. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(1), 3533–3536.