

Pengaruh Warna Cahaya Putih pada Proses Biosorpsi Limbah Cair Artifisial Logam Berat Zn(II) Menggunakan Mikroalga *Tetraselmis chuii*

Tanti Utami Dewi^{1*}, Muhamad Hanif Dzulfikar¹, Desita Ramadona Syah Putri¹, Karina Larasati Gunawan¹, Haekal Irfan Titan Prianto¹, Rahmad Firnandi¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia ITS, Sukolilo, Surabaya 60111

*E-mail: tanti.dewi@ppns.ac.id

Abstrak

Air limbah dari proses industri atau domestik yang tidak diolah dengan baik dan langsung dilepaskan ke badan air akan menyebabkan permasalahan lingkungan dan kesehatan manusia. Salah satu zat berbahaya atau pencemar yang sering ditemui dalam badan air adalah logam berat yaitu Zn(II). Kadar Zn(II) yang tinggi dalam air dapat meningkatkan toksisitas air sehingga dapat membahayakan organisme yang ada dalam perairan dan kesehatan manusia apabila terkonsumsi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh warna cahaya putih, waktu kontak, dan konsentrasi terhadap penurunan kadar Zn(II) dalam limbah cair artifisial menggunakan mikroalga *Tetraselmis chuii*. Warna cahaya yang digunakan adalah putih dengan panjang gelombang 380-750 nm. Variasi waktu kontak Zn(II) dan mikroalga adalah 30 menit, 45 menit, dan 60 menit sedangkan konsentrasi awal Zn(II) adalah 5 mg/L dan 15 mg/L. Analisis yang digunakan untuk menganalisis penurunan kadar Zn(II) adalah analisis spektrofotometer UV-Vis. Hasil yang didapatkan yaitu penurunan kadar Zn(II) tertinggi menggunakan cahaya putih, waktu kontak 60 menit, konsentrasi Zn(II) awal 5 mg/L dengan persentase removal mencapai 18,0690%.

Kata kunci : Biosorpsi, Zn(II), Mikroalga *Tetraselmis chuii*, Warna Cahaya, Waktu Kontak

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi yang cepat, urbanisasi, industrialisasi, kualitas air, dan kuantitas yang tersedia menjadi masalah krusial, khususnya bagi negara-negara dunia ketiga atau negara-negara berkembang karena meningkatnya polusi dari berbagai sumber titik dan non-titik (Islam, 2014). Negara-negara berkembang menghadapi situasi yang mengkhawatirkan dimana lebih dari hampir 70% limbah mentah industri menjadi bagian dari badan air. Di negara berkembang, pembuangan limbah industri menjadi lebih menantang karena tingginya produksi limbah per satuan luas dan berkurangnya proporsi lahan yang tersedia untuk pembuangannya. Sebagian besar industri membuang limbah mentah, yang mengandung patogen, logam berat, garam larut dan tidak larut, serta bahan organik dan anorganik yang menyebabkan polusi air tanah (Bijekar dkk., 2022).

Air limbah industri adalah sisa air/buangan air yang dilepaskan dari industri yang terkait dengan pemrosesan dan manufaktur bahan mentah. Air limbah dari industri ini mungkin tidak dapat diolah dengan baik karena minimnya teknologi pengolahan air limbah yang efisien dan ekonomis. Pembuangan air limbah yang tidak diolah atau penanganannya tidak tepat menyebabkan tingkat pencemaran air permukaan yang mengakibatkan dampak buruk pada kualitas semua bentuk kehidupan (Gupta & Singh, 2019). Air limbah industri juga seringkali mengandung polutan anorganik terutama logam berat; seperti tembaga, nikel, kadmium, seng, kromium dan timbal yang memiliki efek toksik terhadap lingkungan dan organisme hidup. Ion logam berat ini tidak rentan terhadap kerusakan biologis. Selain itu, keberadaan polutan organik di danau dan sungai meningkatkan bioakumulasi organisme hidup yang menyebabkan masalah kesehatan (Razman dkk., 2019).

Salah satu logam berat yang berbahaya pada hewan dan manusia adalah Zn(II). Konsentrasi Zn(II) yang tinggi dapat menunda atau menghambat pertumbuhan, kematangan seksual dan reproduksi ikan, serta dapat menyebabkan kelainan patologis dan morfologis pada ikan dewasa, Pada manusia, paparan kronis terhadap Zn(II) menyebabkan kerusakan hati, ginjal, jantung, dan otot yang luas (Bashir dkk., 2018). Apabila terlalu banyak kandungan Zn(II) ke

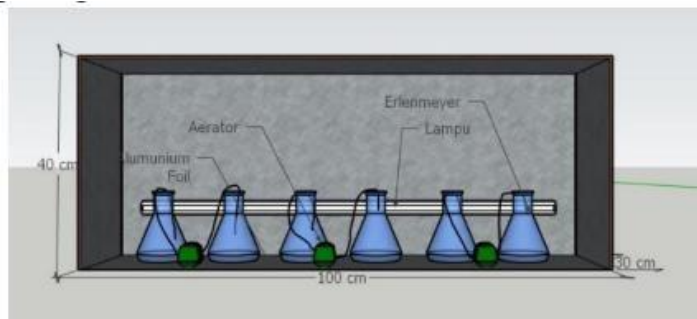
dalam tubuh melalui makanan, air, atau suplemen makanan juga dapat mempengaruhi kesehatan. Tingkat Zn(II) yang menghasilkan efek kesehatan yang merugikan jauh lebih tinggi daripada angka kecukupan gizi yang Direkomendasikan (11 mg/hari untuk pria dan 8 mg/hari untuk wanita). Apabila kandungan Zn(II) yang masuk tubuh dengan dosis 10 - 15x lebih tinggi dari angka kecukupan gizi, meski dalam waktu singkat, dapat menyebabkan kram perut, mual, dan muntah. Menelan kadar tinggi selama beberapa bulan dapat menyebabkan anemia, merusak pankreas, dan menurunkan kadar kolesterol HDL (Bashir dkk., 2018).

Pengolahan limbah secara biologis dengan menggunakan mikroorganisme seperti mikroalga merupakan salah satu opsi pengolahan air limbah industri dengan berbagai keuntungan. Para peneliti secara global telah menekankan keuntungan penggunaan mikroalga dalam biosorpsi logam. Manfaatnya meliputi: kemampuan penyerapan logam yang cepat, hemat waktu dan energi, ramah lingkungan, penanganannya yang mudah, dapat didaur ulang/digunakan kembali, berbiaya rendah, tingkat pertumbuhan lebih cepat (dibandingkan dengan tanaman yang lebih tinggi), efisiensi tinggi, rasio permukaan terhadap volume yang besar, kemampuan untuk mengikat hingga 10% dari biomasnya, dengan selektivitas tinggi (yang meningkatkan kinerjanya), tidak menghasilkan limbah beracun, tidak memerlukan sintesis, berguna dalam sistem batch dan kontinyu, dan, dapat diterapkan pada perairan yang mengandung tinggi konsentrasi logam atau tingkat kontaminan yang relatif rendah (Monteiro dkk., 2012).

2. METODE

2.1. Photobioreactor

Photobioreactor dibuat dengan dimensi panjang, lebar, dan tinggi berturut-turut adalah 100 cm, 40 cm, 30 cm. Reaktor dilengkapi dengan Lampu LED berwarna putih dengan panjang gelombang 380 -750 nm. Cahaya lampu mempunyai fungsi sebagai sumber energi bagi mikroorganisme (Sperling, 2007). Jarak lampu dari dasar reaktor adalah 15 cm dan diletakan 6 buah erlenmeyer di dalamnya. Dinding reaktor dilapisi dengan aluminium foil seperti pada Gambar 1. Selama proses kultur mikroalga juga diberikan pupuk walne dan vitamin B612 untuk pertumbuhan mikroalga serta diinjeksikan oksigen melalui aerator (Zakir dkk., 2022). Media yang digunakan untuk pertumbuhan yang digunakan adalah air laut.



Gambar 1. Desain *Photobioreactor*

2.2. Pembuatan Larutan Induk

Larutan Induk adalah $ZnCl_2$ dengan konsentrasi 1000 mg/L. Larutan induk digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dengan konsentrasi 0 (blanko), 2, 4, 6, 8, dan 10 mg/L. Kurva Kalibrasi adalah hubungan antara konsentrasi dan nilai absorbansi yang dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Selain untuk kurva kalibrasi, larutan induk juga digunakan untuk membuat limbah artifisial Zn(II) dengan konsentrasi 5 mg/L dan 15 mg/L.

2.3. Pembuatan Kurva Standar

Konsentrasi yang digunakan untuk membuat kurva kalibrasi adalah 0 (blanko), 2, 4, 6, dan 8 mg/L. Kurva kalibrasi merupakan grafik yang menghubungkan antara konsentrasi larutan dan nilai absorbansi. Linieritas suatu kurva dikatakan memenuhi persyaratan apabila nilai koefisien korelasi (r) yang diperoleh mendekati 1. Nilai r yang mendekati 1 menandakan adanya hubungan linier antara konsentrasi analit dengan absorbansi yang terukur (Chakti, dkk, 2019).

2.4. Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan tahap penyesuaian diri mikroorganisme dengan kondisi limbah cair yang akan diolah, termasuk sumber makanannya (Gunawan & Kahar, 2019). Aklimatisasi dilakukan untuk mengadaptasi sel mikroalga untuk meningkatkan tekanan logam berat pada budidaya fotoautotrofik (Kumar dkk., 2020). Konsentrasi limbah artifisial Zn(II) yang digunakan adalah 5 mg/L dan 15 mg/L.

2.5. Biosorpsi

Sampel biosorpsi sebanyak 2 kali (duplo) dengan volume kerja 100 mL dengan perbandingan 7:3 untuk 70 mL logam berat Zn(II) masing-masing konsentrasi 5 mg/L dan 15 mg/L. Proses biosorpsi dilakukan saat mikroalga mencapai fase eksponensial dan stasioner. Pada proses biosorpsi juga dilakukan aerasi untuk memenuhi kebutuhan oksigen terlarut. Variasi waktu kontak biosorpsi adalah 30, 45, dan 60 menit dengan penyinaran cahaya yang berasal dari LED warna putih.

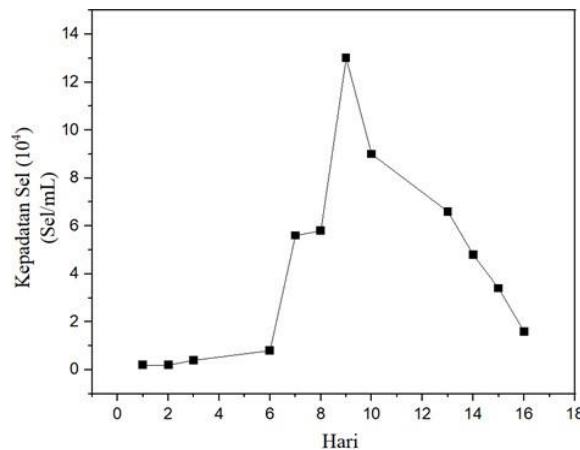
2.6. Uji Statistika

Terdapat 3 tahapan pengujian statistika yang dilakukan yaitu uji normalitas, homogenitas, dan MANOVA. Uji normalitas dilakukan dengan metode Kolmogrov Smirnov. Uji homogenitas adalah prosedur uji statistik yang bertujuan untuk menunjukkan bahwa dua atau lebih kelompok sampel data diambil dari populasi yang memiliki varians yang sama (Sianturi, 2022). Uji MANOVA atau Multivariate Analysis of Variance adalah salah satu teknik statistika yang digunakan untuk menghitung pengujian signifikansi perbedaan rata-rata secara bersamaan antara kelompok untuk dua atau lebih variabel terikat (Sutrisno & Wulandari, 2018).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Pertumbuhan Mikroalga *Tetraselmis chuii*

Perkembangan dan pertumbuhan kepadatan sel mikroalga *Tetraselmis chuii* yang teramati meliputi fase lag (adaptasi), fase eksponensial (fase logaritmik), fase penurunan laju pertumbuhan, fase stasioner, dan fase kematian. Mikroalga dapat tumbuh secara optimal jika kebutuhan nutrisi terpenuhi, selama masa pertumbuhan mikroalga diinjeksikan dengan pupuk walne dan vitamin B12 setiap hari sampai hari ke-3. Analisis pertumbuhan mikroalga dilakukan dengan menghitung kepadatan mikroalga dengan menggunakan mikroskop yang dilengkapi dengan Hemocytometer Neubauer Improved. Berikut merupakan grafik pertumbuhan mikroalga selama 16 hari dilakukan kultur.



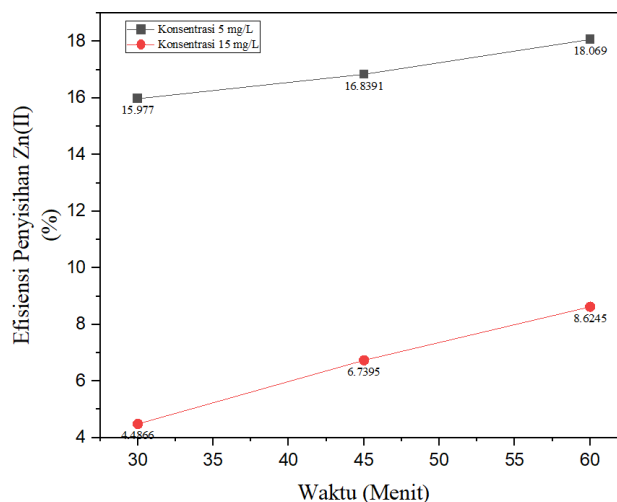
Gambar 2. Pertumbuhan Mikroalga *Tetraselmis chuii*

Berdasarkan Gambar 2 kepadatan sel mikroalga pada fase lag pada hari ke-1 sampai hari ke-3 tidak mengalami pembelahan sel yang signifikan karena sel-sel mikroalga sedang mempersiapkan diri untuk melakukan pembelahan sel dengan cara memproduksi enzim enzim dan metabolisme lainnya (Prayitno, 2016). Mikroalga dapat beradaptasi dengan baik dengan lingkungan baru disebabkan oleh senyawa organik dan anorganik pada pupuk walne yang menjadi nutrisi bagi pertumbuhan mikroalga (Istirokahtun dkk., 2017). Pada fase eksponensial yaitu hari ke-4 sampai hari ke-9 terjadi pembelahan yang signifikan, tetapi pada hari ke-9 sampai hari ke-10 mengalami fase stasioner karena ketersediaan nutrisi di media yang semakin menurun (Prayitno, 2016). Pada hari ke-11 sampai hari ke-16 mengalami fase kematian yang ditandai dengan kematian sel dalam jumlah besar dan hampir tidak terjadi pembelahan sel (Prayitno, 2016). Faktor yang menyebabkan penurunan kepadatan sel ialah kandungan unsur hara yang terdapat pada media kultur.

3.2 Analisis Hubungan Warna Cahaya dan Waktu Kontak terhadap Removal Zn

Hasil uji konsentrasi akhir penyisihan limbah cair artifisial Zn(II) menunjukkan penurunan pada setiap konsentrasi sedangkan terhadap waktu kontak 30, 45, dan 60 menit mengalami kenaikan disetiap variasi warna cahaya. Tingginya intensitas cahaya atau paparan cahaya dengan jumlah berlebih dapat mengakibatkan kerusakan pada kloroplas. Hal tersebut dapat menghambat terjadinya proses fotosintesis pada mikroalga *Tetraselmis chuii*, sehingga ion logam Zn(II)

tidak dapat terserap dengan maksimal. Pada penelitian ini efisiensi penyisihan logam berat Zn(II) oleh mikroalga *Tetraselmis chuii* pada konsentrasi 5mg/l dengan waktu kontak 60 menit menghasilkan efisiensi penyisihan sebesar 18,0690%. Berdasarkan Gambar 3, semakin lama waktu kontak maka semakin besar persen penyisihan Zn(II) yang diserap mikroalga *Tetraselmis chuii*. Namun, semakin tinggi konsentrasi akan membuat persen penyisihan Zn(II) semakin kecil. Hal ini dipengaruhi beberapa faktor yaitu konsentrasi logam dan jumlah sel mikroalga. Pada konsentrasi 5 mg/L menunjukkan persen removal yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi 15 mg/L, hal ini menunjukkan mikroalga *Tetraselmis chuii* sudah mencapai ambang jenuh pada konsentrasi 15 mg/L. Setiap sel mikroalga memiliki daya serap yang berbeda-beda, tergantung dari kandungan gugus fungsional dari dinding sel, penyerapan secara intraseluler serta pertukaran ion yang terjadi pada permukaan selnya.



Gambar 3. Efisiensi Penyisihan Zn(II) terhadap Waktu Pasca Biosorpsi dengan Konsentrasi 5 mg/L dan 15/L

3.3 Analisis Uji Statistika

Analisis uji statistika dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari variasi yang digunakan yaitu konsentrasi, waktu kontak, dan warna cahaya terhadap biosorpsi mikroalga *Tetraselmis chuii*. Uji yang dilakukan adalah uji normalitas dengan metode Kolmogorov Smirnov dengan nilai signifikan yang diperoleh <0,05. Selanjutnya, uji MANOVA diperoleh nilai signifikan <0,05 sehingga variasi konsentrasi, waktu kontak, dan warna cahaya memberikan pengaruh terhadap kepadatan sel dan penyisihan logam berat Zn(II).

4. KESIMPULAN

Variasi warna cahaya, waktu kontak, dan konsentrasi logam berat Zn(II) berpengaruh terhadap penyisihan logam berat Zn(II). Warna cahaya putih pada waktu kontak 60 menit dengan konsentrasi logam berat Zn(II) 5 mg/L mampu menyisihkan logam berat Zn(II) dengan persentase sebesar 18,0690%. Dengan adanya penelitian ini telah menunjukkan bahwa mikroalga *Tetraselmis chuii* dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif biosorben untuk meremoval logam berat Zn(II).

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bashir, N. H. (2018). Heavy metals concentrations in drinking water in Dongola and Merowe, Northern State, Sudan. *EC Pharmacology and Toxicology*, 6, 829-837.
- Bijekar, S., Padariya, H. D., Yadav, V. K., Gacem, A., Hasan, M. A., Awwad, N. S., ... & Jeon, B. H. (2022). The state of the art and emerging trends in the wastewater treatment in developing nations. *Water*, 14(16), 2537.
- Chakti, A. S., Eva, S. S., Rani, D. P., (2019). Analisis Merkuri Dan Hidrokuinon Pada Krim Pemutih Yang Beredar Di Jayapura. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 8(1).
- Gunawan, Rahmat., Kahar, Abdul. (2019). Pengaruh Laju Alir Resirkulasi pada Seeding dan Aklimatisasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) dalam Bioreaktor Anaerobik. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi V*.
- Gupta, R., & Singh, R. L. (2019). Advances in biological treatment of industrial waste water and their recycling for a sustainable future (pp. 225-66). R. L. Singh, & R. P. Singh (Eds.). Singapore: Springer.
- Islam, M. S. (2014). Metropolitan government: an option for sustainable development of Dhaka megacity. *Environment and Urbanization ASIA*, 5(1), 35-48.

- Istirokhatun, T., Aulia, M. dan Utomo, S. (2017). Potensi *Chlorella Sp.* untuk Menyisihkan COD dan Nitrat dalam Limbah Cair Tahu. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, Vol. 14, No. 2, hal. 88–96.
- Kumar, N., Hans, S., Verma, R., & Srivastava, A. (2020). Acclimatization of microalgae *Arthrospira platensis* for treatment of heavy metals in Yamuna River. *Water Science and Engineering*, 13(3), 214-222.
- Monteiro, C. M., Castro, P. M., & Malcata, F. X. (2012). Metal uptake by microalgae: underlying mechanisms and practical applications. *Biotechnology progress*, 28(2), 299-311.
- Prayitno, J., 2016. Pola pertumbuhan dan pemanenan biomassa dalam fotobioreaktor mikroalga untuk penangkapan karbon. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 17 (1) : 45-52.
- Razman, K. K., Hanafiah, M. M., Ramli, A. N., & Harun, S. N. (2023, May). Industrial wastewater treatment methods employed in Southeast Asian countries. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1167, No. 1, p. 012020). IOP Publishing.
- Sianturi, Rektor. (2022). Uji Homogenitas sebagai Syarat Pengujian Analisis. *Jurnal Pendidikan, Sains, Sosial, dan Agama*. 8 (1). 386-397.
- Sperling, Marcos von. (2007). *Basic Principles of Wastewater Treatment*. New York : IWA Publishing.
- Sutrisno., Wulandari, Dewi. (2018). Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) untuk Memperkaya Hasil Penelitian Pendidikan. *Aksioma*. 9 (1). 37-53.
- Zakir, Ahmad., Suyasa, I Wayan Budiarsa., Astarini, Ida Ayu. (2022). Efektivitas Mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina plantensis* dalam Biosorpsi Logam Nikel di Perairan (Kasus Perairan Pomalaa Kabupaten Kolaka). *Ecotrophic*. 16 (1). 83-94.