

Pengaruh Warna Cahaya Putih Terhadap Efektivitas Mikroalga *Tetraselmis chuii* dalam Proses Biosorpsi Limbah Cair Artifisial Logam Berat Cu(II)

Desita Ramadona Syah Putri¹, Tanti Utami Dewi^{1*}, Adhi Setiawan¹

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

*Email : tanti.dewi@ppns.ac.id

Abstrak

Konsentrasi Logam berat Cu(II) yang tinggi jika dibuang langsung ke lingkungan dapat berdampak buruk bagi ekosistem yang ada di perairan. Salah satu alternatif pengolahan yang baik untuk penyerapan logam berat Cu(II) di dalam air limbah yaitu pengolahan biologis menggunakan biosorben mikroalga *Tetraselmis chuii*. Penelitian ini menggunakan metode biosorpsi dengan sistem batch. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh warna cahaya putih, variasi konsentrasi logam Cu(II), dan variasi waktu kontak setelah proses biosorpsi menggunakan mikroalga *T. chuii* sebagai biosorben. Penambahan variasi konsentrasi dan waktu kontak dapat mengetahui efektivitas mikroalga *T. chuii* dalam penyerapan logam berat Cu(II). Uji statistika dengan MANOVA menunjukkan bahwa warna cahaya putih memberikan hasil signifikan pada saat proses biosorpsi (Sig.<0,05). Hasil penelitian diperoleh bahwa warna cahaya putih dengan waktu kontak 60 menit pada konsentrasi logam berat Cu(II) 5 mg/L menghasilkan efisiensi penyisihan logam Cu(II) sebesar 21,74%.

Keywords : *Biosorpsi, Tetraselmis chuii, Warna Putih, Cu(II)*

1. PENDAHULUAN

Salah satu limbah yang dihasilkan dengan jumlah banyak dan berdampak pada lingkungan terutama badan air, yaitu air limbah industri. Limbah cair dengan konsentrasi tinggi apabila dibuang langsung ke badan air tanpa dilakukan proses pengolahan terlebih dahulu dapat membunuh organisme di air. Logam berat sering digunakan sebagai bahan baku maupun bahan penolong di berbagai macam industri. Konsentrasi Logam Cu(II) yang tinggi dapat merusak sistem fisiologis manusia, seperti kerusakan pembuluh darah, gangguan paru – paru, kanker hingga kematian (Ratnasari dkk., 2017).

Berbagai metode pengolahan digunakan untuk mengurangi konsentrasi logam berat Cu(II) dalam perairan yaitu metode pengolahan fisika, kimia. Pengolahan logam berat Cu(II) menggunakan metode fisik-kimia, mempunyai beberapa kelemahan yaitu biaya yang mahal dan menghasilkan *sludge* sehingga perlu pengolahan lanjutan. Salah satu alternatif pengolahan untuk menurunkan kadar logam berat Cu(II) di dalam limbah cair menggunakan pengolahan biologi, yaitu biosorpsi. Pengolahan biologi merupakan pengolahan yang menggunakan makhluk hidup, dalam hal ini adsorpsi menggunakan sorben (mikroalga) sebagai penyerap logam berat. Oleh karena itu, salah satu alternatif pengolahan logam berat Cu(II) menggunakan proses biosorpsi dengan mikroalga sebagai sorben. Teknologi biosorpsi memiliki kelebihan bahwa metode ini dapat menyisihkan logam berat hingga pada konsentrasi <10 mg/L (Wilan, 2019).

Beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga antara lain, jenis medium, pencahayaan, salinitas, suhu, pH, dan kondisi reaktor yang akan digunakan dalam budidaya mikroalga. Karakteristik sumber cahaya seperti warna cahaya dan intensitas cahaya menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi jumlah biomassa mikroalga *Tetraselmis chuii*. Penelitian Meisyara (2019) menyatakan bahwa mikroalga *Tetraselmis chuii* mampu menurunkan konsentrasi logam berat Pb(II) dengan persentase sebesar 30,79% dengan jumlah kepadatan sel 15.000 sel/mL. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh warna cahaya putih, variasi konsentrasi logam Cu(II) dan variasi waktu kontak setelah proses biosorpsi menggunakan mikroalga *T. chuii* sebagai biosorben.

2. METODOLOGI

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah Lampu Neon LED TL Merk SunLED Putih 36 Watt Gelombang Cahaya (400-700 nm), Lampu Neon LED TL Merk SunLED 18 Watt dengan Gelombang Cahaya Putih (W) (380-750 nm), *Glassware, Oven, Autoclave, Centrifuge, Aerator, pH Universal, Neraca Analitik, Stopwatch, Microscope*

CX21 Olympus, Haemocytometer Neubauer 0,0025 mm², Hand Totally Counter, Spektrofotometer Uv-Vis. Bahan yang digunakan ialah kultur mikroalga *Tetraselmis chuii* dari BBPAP Jepara, pupuk aqua walne, vitamin B12, air laut steril 30 ppt, aquades, CuSO₄.5H₂O SAP 99%, Na-Dietilditiokarbonat Merck 1%, Ammonia SAP 25%, Aluminium Foil, Plastic Wrap, Alkohol 70%, dan kertas saring.

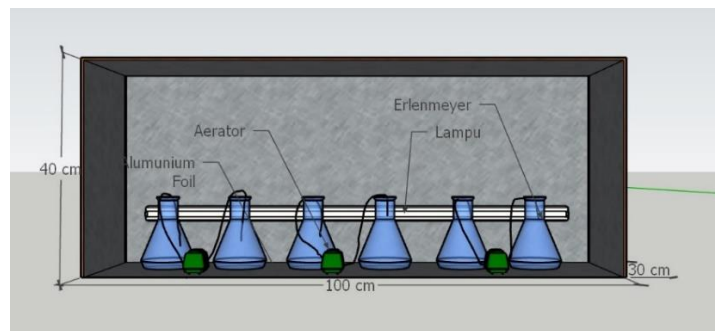
2.2 Tahapan Penelitian

2.2.1 Sterilisasi Alat Dan Bahan

Sterilisasi peralatan wadah kultur, dan bahan yang akan digunakan pada preparasi bahan logam berat Cu(II) seperti *glassware*, dan media air laut dilakukan di dalam *autoclave* dengan suhu 121°C selama 15 menit pada tekanan 2 atm, Peralatan plastik seperti selang aerasi dengan menggunakan air panas. Selanjutnya, melakukan sterilisasi pada meja kerja dengan desinfektan alkohol 70% yang berfungsi untuk membunuh kuman/bakteri sehingga tidak terjadi kontaminasi.

2.2.2 Persiapan Set Up Penelitian

Desain *set up* dibuat tertutup dengan rencana dimensi 100 x 40 x 30 cm dengan tinggi lampu 15 cm dari bawah dan percobaan dilakukan di dalam erlenmeyer dengan volume kerja 100 ml. Sumber cahaya pada *set up* menggunakan lampu LED warna gelombang cahaya putih (380-750 nm pada bagian dalam dan atas sebagai penutup reaktor dilapisi dengan *aluminium foil* yang berfungsi sebagai pencegah cahaya keluar dari reaktor sehingga mikroalga mendapatkan penyalinan cahaya yang maksimal (Daniyati dkk., 2012). Pada setiap *glassware* erlenmeyer diberi saluran aerasi dari aerator (Pinem dkk., 2014) yang berfungsi sebagai pengadukan agar terjadi kontak yang baik antara biomassa mikroalga dengan limbah cair artifisial Cu(II) seperti dalam dalam Gambar 1.



Gambar 1. Desain Set Up Penelitian

2.2.3 Pembuatan Limbah Pencemar Artifisial Logam Berat Cu(II)

Pembuatan larutan Induk Cu(II) 200 mg/L dilakukan dengan cara melarutkan CuSO₄.5H₂O dengan aquades. Pengenceran dari larutan induk logam berat Cu(II) dengan mengambil 2,5 dan 7,5 mL dari larutan induk Cu(II) 200 mg/L dengan aquades hingga volume masing-masing 100 mL dan dicapai konsentrasi 5 dan 15 mg/L sebagai media pencemar artifisial.

2.2.4 Kultivasi Mikroalga *Tetraselmis chuii*

Biakan *Tetraselmis chuii* diperoleh dari Balai Besar Penelitian Air Payau (BBPAP) Jepara, Stok kultur *Tetraselmis chuii* dibuat dengan mencampurkan 600 ml biakan *Tetraselmis chuii* dan air laut bersalinitas 30 ppt yang diukur menggunakan salinometer. Media yang telah ditambahkan dengan pupuk walne konsentrasi sudah sesuai dan diberi aerasi yang sudah disterilisasi 1400 ml kemudian dimasukkan ke dalam toples berkapasitas 3L atau menggunakan 20-30% dari media kultur (Setyawati dkk., 2018). Penambahan pupuk aqua-Walne dan vitamin B12 masing-masing 1 mL/liter selama 5 hari pada fase adaptasi dan fase pertumbuhan mikroalga (Pinem dkk., 2014). Kondisi kultur diberi aerasi dan pencahayaan dari lampu TL SunLED 36 watt (6000 – 7000 lux) selama 24 jam Selanjutnya, melakukan perhitungan jumlah sel mikroalga *Tetraselmis chuii* setiap 24 jam sekali hingga diperoleh fase kematian sel.

2.2.5 Aklimatisasi

Aklimatisasi bertujuan untuk melakukan pengecekan efektivitas atau menyesuaikan lingkungan baru (adaptasi) mikroalga *T. chuii* pada konsentrasi logam berat Cu(II) sebesar 5 dan 15 mg/L. Sebelumnya, mikroalga sudah dilakukan pengkulturan kemudian diambil sampel setelah 8 hari kultur untuk proses aklimatisasi.

2.2.6 Proses Biosorpsi

Pengujian biosorpsi logam berat Cu(II) dilakukan dengan sistem *batch* dan skala laboratorium, kemudian dilakukan pengambilan sampel sebanyak 10 ml setiap larutan kerja. Uji biosorpsi ini menggunakan biomassa hidup dengan kepadatan sel awal mikroalga pada fase eksponensial yang dihitung ketika akan dilakukan uji biosorpsi, kultur *Tetraselmis chuii* ditempatkan pada warna cahaya lampu LED berwarna putih (380-750 nm) dengan masing-masing sampel uji sebanyak 2 kali ulangan (*duplo*), kemudian dikontakkan dengan variasi konsentrasi limbah artifisial logam berat Cu(II) sebesar 5 dan 15 mg/L dalam labu erlenmeyer sebanyak volume kerja 100 mL, dengan pengkondisian pH optimum 7 dan kondisi suhu 26-28 °C. Uji ini dilakukan pada waktu kontak 30, 45, dan 60 menit, dengan dibantu pengadukan dan aerasi menggunakan aerator. Sampel yang berupa suspensi dipisahkan dari koloid mikroalga dengan cara sentrifugasi pada kecepatan 1500 rpm selama 5 menit hingga didapatkan pisahan cairan antara logam Cu(II) dengan mikroalga *Tetraselmis chuii*. Konsentrasi logam Cu(II) yang telah dipisahkan menggunakan *centrifuge* berupa supernatan selanjutnya dianalisis dengan *spektrofotometer Uv vis* pada panjang gelombang 450 nm (Pratiwi dan Sunarto, 2018).

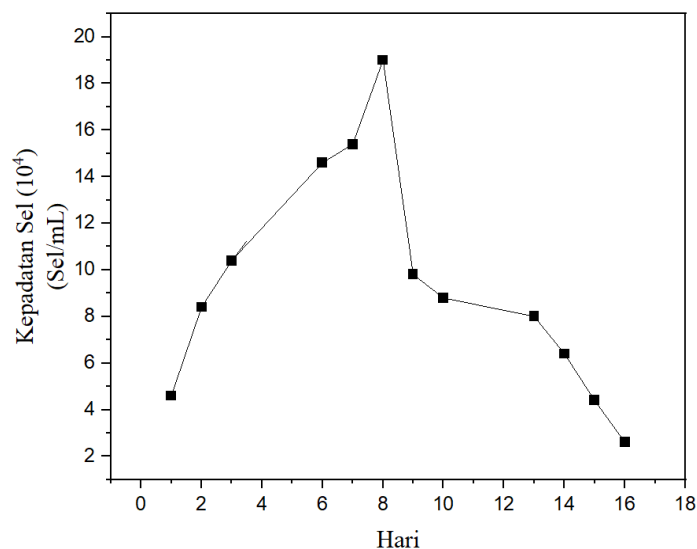
2.2.7 Analisis Uji Statistika

Analisis uji statistika memiliki tujuan untuk mengetahui hipotesis penelitian memenuhi nilai signifikansi atau tidak. Tahapan pengujian statistika terdiri dari, uji normalitas, uji homogenitas, dan uji MANOVA (*Multivariate Analysis of Variance*) antara penyisihan logam berat Cu(II) dengan variabel bebas, antara lain pengaruh warna cahaya putih, variasi waktu kontak, dan variasi konsentrasi awal logam berat Cu(II) terhadap penyerapan kandungan limbah cair logam berat Cu(II).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Pertumbuhan Mikroalga *Tetraselmis chuii*

Hasil penelitian pada pengkulturan pertumbuhan mikroalga *Tetraselmis chuii* memiliki sifat fisik yang teramati yang menandakan sebagai fase perkembangan ataupun fase kematian dari mikroalga tersebut. Pertumbuhan mikroalga *Tetraselmis chuii* yang teramati selama 16 hari pengkulturan Kultivasi mikroalga bertujuan untuk memperbanyak jumlah sel mikroalga untuk mendapatkan biomassa yang sesuai dengan yang diharapkan (kepadatan sel). Perhitungan dilakukan dengan menghitung jumlah sel yang teramati melalui *Microscope CX21 Olympus* warna biru 40x, *Haemocytometer Neubauer* 0,0025 mm² dan *Hand Totally Counter*, kemudian dilakukan pengenceran bertingkat hingga 10⁴, yang direpresentasikan dengan satuan sel/ml yang diplot pada grafik pertumbuhan Gambar 2.



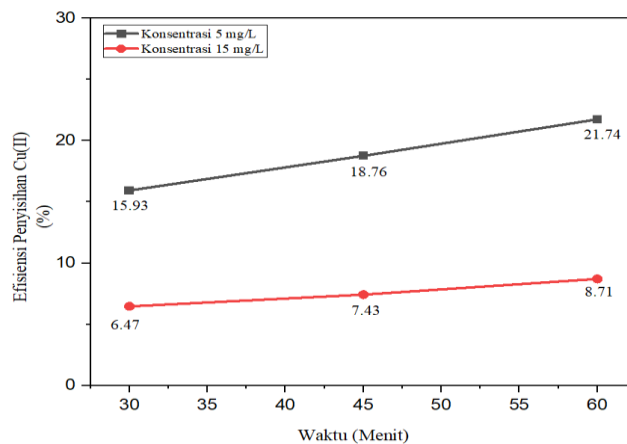
Gambar 2. Pertumbuhan Mikroalga *Tetraselmis chuii*

Pertumbuhan pada umur kultur hari ke-1 dan 2 memasuki fase adaptasi atau fase lag, Fase adaptasi sel – sel membutuhkan enzim dan konsentrasi substrat untuk pertumbuhan kemudian adanya nutrisi dalam sel mikroalga melalui proses difusi karena perbedaan konsentrasi antara media kultur dengan cairan dalam

mikroalga (Saptadarma, 2015). Fase lag/adaptasi mempengaruhi ukuran sel ditandai dengan adanya pengikatan mikroalga dengan media air laut serta mengalami metabolisme sel tetapi belum mengalami pembelahan sel. Pertumbuhan mikroalga *Tetraselmis chuii* pada hari ke 3-7 yang menandakan memasuki fase eksponensial atau fase log mulai terlihat perubahan warna menjadi hijau pekat yang menandakan mikroalga berkembang dengan baik. Peningkatan ini terjadi menandakan bahwa mikroalga *Tetraselmis chuii* melakukan pembelahan sel secara cepat yang kemudian menghasilkan kenaikan jumlah mikroalga dalam kultur secara signifikan. Fase ini menunjukkan pada fase pertumbuhan mikroalga *Tetraselmis chuii* dalam kondisi optimum, hal ini dikarenakan adanya serapan nutrisi dari media oleh mikroalga (Prayitno, 2016) serta ciri metabolisme selama fase logaritmik atau eksponensial yaitu tingginya aktivitas fotosintesis yang berguna untuk pembentukan protein dan komponen-komponen plasma sel yang dibutuhkan dalam pertumbuhan. Kepadatan sel yang meningkat berbanding lurus dengan nilai DO (*Dissolved Oxygen*) juga mengalami kenaikan yang akan berpengaruh terhadap proses molekul organik terbentuk lewat proses fotosintesis (Damanik dkk., 2020). Pertumbuhan hari ke 8 memasuki pada fase stasioner mikroalga *Tetraselmis chuii* dan pada hari ke 9 - 10, menunjukkan fase penurunan laju pertumbuhan hingga fase kematian pada hari ke 16. Pertumbuhan mikroalga pada hari ke 16, menurut Prayitno (2016) salah satu faktor penyebab mikroalga dalam fase stasioner menuju kematian ialah ketersediaan nutrisi yang menurun. Penurunan populasi ini disebabkan pula karena kultur yang dilakukan pada volume yang terbatas yang menyebabkan jumlah nutrisi yang terkandung dalam media juga terbatas sehingga *Tetraselmis chuii* tidak mampu lagi mempertahankan kepadatannya. Kepadatan sel mikroalga *T. chuii* mengalami penurunan ditandai adanya kandungan nutrisi yang menurun akibat jumlah sel yang membelah sama dengan jumlah sel yang mati dan konsentrasi logam berat Cu(II) yang semakin toksik (Pranajaya dkk., 2014). Jumlah biomassa yang menurun disebabkan oleh adanya penumpukan senyawa organik, seperti NH_4^+ yang berasal dari sel mikroalga *T. chuii* yang mati dan mengendap di dasar erlenmeyer dalam konsentrasi tinggi. Senyawa tersebut dapat membunuh mikroalga *T. chuii* sehingga dapat meningkatkan mortalitas dan dapat mengganggu penyerapan DO maupun nutrisi yang lainnya bagi sel yang masih hidup (Kurniawan dan Anurohim, 2014). Selain itu, faktor penting pertumbuhan mikroalga, yaitu salinitas yang berhubungan dengan tekanan osmotik di dalam sel menjadi tinggi/rendah sehingga aktivitas sel menjadi terganggu dan aktivitas fotosintesis terhambat. pH juga mempengaruhi metabolisme dan pertumbuhan mikroalga dalam beberapa hal di antaranya dapat mengubah dari karbon organik, ketersediaan nutrisi, dan mempengaruhi fisiologis sel (Damanik dkk., 2020).

3.2 Analisis Uji Biosorpsi pada Mikroalga *Tetraselmis chuii*

Pengujian didapatkan, hasil uji konsentrasi akhir penyisihan limbah cair artifisial Cu(II) menunjukkan penurunan pada setiap konsentrasi sedangkan terhadap waktu kontak 30, 45, dan 60 menit mengalami kenaikan disetiap variasi warna cahaya yang direpresentasikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antara waktu Kontak dengan % penyisihan Cu(II) terhadap Warna Cahaya Putih Pasca Biosorpsi Konsentrasi Cu(II) 5 mg/L; Konsentrasi Cu(II) 15 mg/L

Peristiwa terhambatnya proses fotosintesis yang diakibatkan oleh tingginya intensitas cahaya sehingga pada proses ini terjadi eksitasi atau paparan cahaya dengan jumlah berlebih yang mampu mengakibatkan kerusakan pada kloroplas, sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi penyerapan yang tidak maksimal pada penyisihan ion Cu(II). Secara umum urutan dari efisiensi penyisihan logam berat Cu(II) pada mikroalga *T. chuii* pada penelitian ini yang menggunakan warna cahaya putih menunjukkan kondisi yang efektif pada konsentrasi 5 mg/L dengan waktu kontak menghasilkan efisiensi penyisihan 21,74% untuk reproduksi mikroalga *T. chuii* untuk penyisihan logam berat Cu(II).

Hasil penyerapan Cu(II) meningkat dari 60 menit, Semakin lama waktu kontak yang digunakan persentase penyerapan dan biokonsentrasi faktor menurun. Variasi konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu 5 dan 15 mg/L, ini membuktikan bahwa semakin besar konsentrasi limbah cair akan membuat kemampuan mikroalga *T. chuii* semakin menurun dalam penyerapan kandungan logam berat. Variasi konsentrasi yang semakin besar dengan waktu kontak membuat mikroalga mengalami kematian dan itu menandakan bahwa kemampuan mikroalga juga menurun dalam menyerap kandungan logam berat. Mekanisme penyerapan logam sangat tergantung pada konsentrasi logam, pada konsentrasi rendah, logam diserap oleh situs aktif tertentu, sedangkan pada konsentrasi yang lebih tinggi hasil adsorpsi akan lebih rendah dikarenakan kejenuhan adsorpsi. 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.

3.3 Analisis Uji Statistika

Analisis statistika sangat penting untuk mengetahui pengaruh variasi waktu kontak, konsentrasi logam berat Cu(II), dan warna cahaya menggunakan mikroalga *Tetraselmis chuii* melalui proses biosorpsi untuk menyisihkan logam berat Cu(II) serta kepadatan sel mikroalga *Tetraselmis chuii*. Uji yang dilakukan yaitu uji normalitas menggunakan metode *Kolmogorov Smirnov* dengan nilai signifikan yang diperoleh $>0,05$ yang menunjukkan bahwa data berdistribusi normal. Selanjutnya uji homogenitas, nilai signifikan $>0,05$ artinya bahwa data telah homogen sehingga bisa dilakukan uji MANOVA. Selanjutnya, uji MANOVA diperoleh nilai signifikan $<0,05$ sehingga variasi waktu kontak, konsentrasi logam berat Cu(II), dan warna cahaya memberikan pengaruh terhadap kepadatan sel dan penyisihan logam berat Cu(II).

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa warna cahaya putih, variasi konsentrasi awal logam Cu(II), dan variasi waktu kontak pada mikroalga *Tetraselmis chuii* berpengaruh terhadap penyisihan logam berat Cu(II). Uji statistika dengan MANOVA menunjukkan bahwa warna cahaya putih memberikan hasil signifikan pada saat proses biosorpsi ($\text{Sig} < 0,05$). Hasil penelitian didapatkan warna cahaya putih, dengan variasi konsentrasi Cu(II) pada 5 mg/L pada waktu kontak 60 menit sebesar 21,74%, dapat disimpulkan bahwa mikroalga *Tetraselmis chuii* dapat dimanfaatkan sebagai biosorben yang efektif untuk penyisihan kandungan limbah cair logam berat Cu(II).

5. DAFTAR PUSTAKA

- Damanik R., Siti K., Andika P. (2020). Pengaruh Penggunaan Warna Cahaya yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan *Nanochloropsis sp.* **Journal of Aquaculture Science**, Vol. 5(2): 99 – 109.
- Daniyati, R., Yudoyono, G., Rubiyanto, A. (2012). Desain *Closed Photobioreaktor Chlorella Vulgaris* Sebagai Mitigasi CO₂. **Jurnal Sains dan Seni** Vol. 1, 1-5.
- Duygu DY, Udoh AU, Ozer Tulay, dkk. (2012). *Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy for identification of Chlorella vulgaris Beijerinck 1890 and Scenedesmus obliquus (Turpin) Kützing 1833.* **African Journal of Biotechnology** Vol. 11(16), pp. 3817-3824.
- Kurniawan J.I., Anurohim. (2014). *Biosorpsi Logam Zn²⁺ dan Pb²⁺ Oleh Mikroalga Chlorella sp.* **Jurnal Sains dan Seni POMITS**, Vol. 3(1): E1-E6.
- Meisyara, M.A. R. (2019). *Potensi Mikroalga Tetraselmis chuii Butcher Dalam Bioremediasi Timbal (Pb) dari Limbah Batik.* **Skripsi.** Fakultas Teknobiologi. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Pinem, Otta RB., Sani, Taufiq Fajar. (2014). *Pemisahan Logam Berat Cu dan Cd dari Larutan Logam Sintetis dan Air Limbah Industri dengan Menggunakan Biomassa Chlorella vulgaris dan Biomassa Chlorella vulgaris yang Terimmobilisasi Sebagai Adsorben.* Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pranajaya, R. H., Ali D., & Bambang Y. (2014). *Pengaruh Tembaga Terhadap Kandungan Pigmen dan Pertumbuhan Mikroalga Merah Porphyridium cruentum.* **Jurnal Ilmu Kelautan**, Vol. 19(2):97-104.
- Pratiwi, N.A. dan Sunarto. 2018. *Perbandingan Validasi Metode Analisis Ion Tembaga(II) Tanpa Pengompleks dan Dengan Pengompleks Na-Dietilditiokarbamat Secara Spektrofotometri Uv-vis.* **Jurnal Kimia Dasar**, Vol. 7(3):96-105.
- Prayitno, J. (2016). *Pola Pertumbuhan dan Pemanenan Biomassa dalam Fotobioreaktor Mikroalga untuk Penangkapan Karbon Growth Pattern and Biomass Harvesting in Microalgal Photobioreactor for Carbon Sequestration.* **Jurnal Teknologi Lingkungan**, Vol. 17, No. 1, hal. 45–52.
- Ratnasari, N.D., Anita D.M., & Ellyke. (2017). *Penurunan Kadar Tembaga (Cu) pada Limbah Cair Industri Elektroplating Menggunakan Cangkang Telur Ayam Potong Teraktivasi Termal.* **Jurnal Kesehatan Lingkungan**, Vol. 9(2):56-62.

- Saptadarma, Dian Mahardika. (2015). Pengaruh Pemberian Limbah Cair Tahu dengan Dosis Berbeda Terhadap Pertumbuhan *Tetraselmis chuii*. **Skripsi**. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan: Universitas Brawijaya.
- Setyawati, F., Satyantini W. H., Arief M., & Kismiyati. (2017). Teknik Kultur *Tetraselmis chuii* Dalam Skala Laboratorium di PT Central Pertiwi Bahari, Rembang, Jawa Tengah. **Journal of Aquaculture and Fish Health**, Vol. 7(2): 63 – 69.
- Wilan, Tiara. (2019). *Pemanfaatan Mikroalga Sebagai Biosorben pada Proses Biosorpsi Logam Berat*. Jakarta: Universitas Trisakti.