

# Uji Efektivitas Variasi Gelombang Cahaya dalam Penyisihan Logam Berat Cu(II) dengan Metode Biosorpsi pada Mikroalga *Chlorella vulgaris*

Ani Nur Hayati<sup>1</sup>, Tanti Utami Dewi<sup>1</sup>, Adhi Setiawan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinana kapal,  
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia ITS, Sukolilo, Surabaya 60111

\*Email : adhi.setiawan@ppns.ac.id

## Abstrak

Kandungan logam berat Cu(II) pada limbah cair mempunyai efek toksisitas tinggi sehingga jika dilakukan pengolahan dengan proses kimia akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Maka, dibutuhkan pengolahan limbah cair logam berat tanpa menimbulkan dampak lingkungan yang lebih buruk. Beberapa penelitian, didapatkan bahwa mikroalga *Chlorella vulgaris* dapat menjadi agen remediasi atau biosorben yang baik untuk penyisihan kandungan logam berat Cu(II), dengan penambahan gelombang cahaya menjadi salah satu faktor yang mempercepat pertumbuhan dan menentukan kemampuan biosorpsi mikroalga dalam penyisihan limbah cair logam berat Cu(II). Hasil penelitian didapatkan analisa efisiensi penyerapan kandungan Logam Cu(II) pada variasi gelombang cahaya secara berturut-turut pada gelombang cahaya merah > kuning > biru > putih dengan waktu kontak 60 menit pada konsentrasi maximum sebesar 30 mg/L yaitu 62% penyisihan kandungan logam berat Cu(II).

**Keywords :** Biosorpsi, *Chlorella vulgaris*, Gelombang Cahaya, Logam Berat Cu(II)

## 1. PENDAHULUAN

Kemajuan industri yang tidak seimbang dengan penerapan produksi bersih sehingga banyak dijumpai industri yang menghasilkan limbah dengan proses pengolahan yang tidak terpadu, hal tersebut dapat menimbulkan pencemaran bagi lingkungan hidup. Logam berat merupakan bahan pencemar yang berbahaya karena bersifat toksik jika terdapat dalam jumlah besar dan mempengaruhi berbagai aspek dalam perairan, baik secara biologis maupun ekologis. Peningkatan kadar logam Cu dapat memberikan dampak negatif bagi hewan dan manusia karena sifatnya yang karsinogenik dan terakumulasi dalam jaringan tubuh (Hardiani, 2009).

Beberapa pengolahan yang dilakukan guna mengurangi konsentrasi ion logam berat dalam perairan yaitu secara fisika-kimia dan Pada metode fisik-kimia, mempunyai beberapa kelemahan yaitu biaya yang tinggi dan membutuhkan energi yang banyak. Salah satu alternatif pengolahan untuk penurunan kadar logam berat Cu di dalam limbah cair ialah salah satunya dengan menggunakan teknologi biosorpsi. Teknologi Biosorpsi dapat diartikan sebagai proses adsorpsi yang memanfaatkan mikroorganisme sebagai *sorbent*. Maka dari itu, pengolahan secara biologis dengan memanfaatkan mikroalga dapat menjadi teknologi alternatif untuk mengurangi masalah tersebut dengan kelebihan bahwa metode ini dapat menyisihkan logam berat hingga pada konsentrasi <10 mg/L (Wilan, 2019).

Beberapa faktor yang memengaruhi pertumbuhan mikroalga tersebut diantara lain jenis medium, pencahayaan, dan kondisi reaktor yang akan digunakan dalam budidaya mikroalga tersebut. Karakteristik sumber cahaya seperti panjang gelombang dan intensitas menjadi salah satu faktor kritis yang memengaruhi produksi *Chlorella vulgaris*. Penelitian mikroalga *Chlorella vulgaris* sebelumnya didapatkan efisiensi penyisihan yang besar dalam penyerapan kandungan logam berat pada limbah cair. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh sistem pengolahan limbah pada kandungan logam berat Cu(II) dengan metode biosorpsi dengan efek penerapan gelombang cahaya dan menentukan kemampuan biosorpsi mikroalga dalam penyisihan limbah cair logam berat Cu(II).

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan ialah Lampu Neon LED TL Merk SunLED Putih 10 watt Gelombang Cahaya (400-700 nm), Lampu Neon LED TL Merk SunLED dengan Gelombang Cahaya Merah (R) (620-760 nm), Kuning (Y) (570-590 nm), dan Biru (B) (450-495 nm), *Glassware, Oven, Autoclave, Centrifuge, Aerator*>2 mg/L, pH Universal, Neraca Analitik, Stopwatch, *Microscope CX21 Olympus, Haemocytometer Neubeaurer* 0,0025

mm<sup>2</sup>, Hand Totally Counter, Spektrofotometer Uv-Vis. Bahan yang digunakan ialah Kultur Mikroalga *Chlorella vulgaris* dari BBPAP Jepara, Pupuk Aqua Walne, Vitamin B12, Air Laut Steril 32 ppt, Aquades, CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O SAP 99%, Na-Dietilditiokarbonat Merck 1%, Ammonia SAP 25%, Aluminium Foil, Plastic Wrap, Alkohol 70%.

## 2.2 Sterilisasi Alat Dan Bahan

Sterilisasi media air laut menggunakan *autoclave* dengan suhu 121°C selama 30 menit pada tekanan 2 atm. Sterilisasi peralatan gelas dan bahan yang akan digunakan pada preparasi bahan logam berat Cu(II) seperti erlenmeyer, gelas kimia, pipet volume 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 (Nurhaifah, 2019). Kemudian meja kerja disterilkan dengan menyemprot desinfektan alkohol 70% guna sterilisasi ruang kerja.

## 2.3 Persiapan Set Up Penelitian

Desain *set up* dibuat tertutup dengan rencana dimensi 100 x 40 x 30 cm dan percobaan dilakukan di dalam erlenmeyer dengan volume kerja 100 ml. Sumber cahaya pada *set up* menggunakan lampu LED yang divariasikan sesuai dengan warna gelombang cahaya putih (380-750 nm), merah (620-750 nm), kuning (570–590 nm), dan biru (450-495 nm), bagian dalam dari *set up* dan penutup reaktor dilapisi dengan aluminium foil agar intensitas cahaya yang dihasilkan dapat terkuantisasi sehingga mendapatkan penyinaran cahaya yang maksimal (Daniyati dkk., 2012). Pada setiap *glassware* erlenmeyer diberi saluran aerasi dari aerator dengan DO>2 mg/L (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

## 2.4 Pembuatan Limbah Pencemar Artifisial Logam Berat Cu(II)

Pembuatan larutan induk Cu(II) 200 mg/L dilakukan dengan cara melarutkan CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O sebanyak 0,78 gram dalam 1000 ml aquades kedalam labu ukur. Pengenceran dari larutan induk logam berat Cu(II) dengan mengambil 7,5 ; 15 dan 22,5 mL larutan induk Cu(II) 200 mg/L dengan aquades hingga volume masing-masing 100 mL dan dicapai konsentrasi 15, 30 dan 45 mg/L sebagai media pencemar artifisial,

## 2.5 Kultivasi Mikroalga *Chlorella vulgaris*

Biakan *Chlorella vulgaris* diperoleh dari Balai Besar Penelitian Air Payau (BBPAP) Jepara, Stok kultur *Chlorella vulgaris* dibuat dengan mencampurkan 100 ml biakan *Chlorella vulgaris* dan air laut bersalinitas 30-32 ppt (Novianti dkk., 2017) yang sudah disterilisasi 900 ml, kemudian ditambahkan pupuk aqua-Walne dan vitamin B12 masing-masing 1 mL selama 5 hari pengkulturan (Pinem dkk., 2014). Pencahayaan terang 24 jam menggunakan lampu TL SunLED 10 watt (6000–7000 lux) serta perhitungan jumlah sel kultur setiap 24 jam.

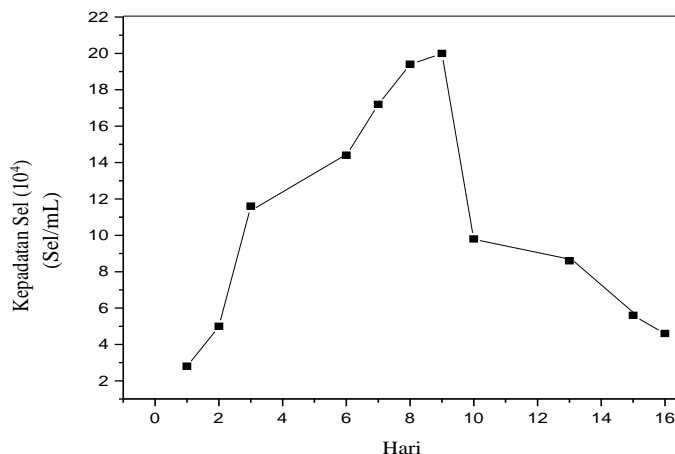
## 2.6 Proses Biosorpsi

Uji biosorpsi logam berat Cu(II) dilakukan dengan sistem *batch*, 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 *Chlorella vulgaris* ditempatkan pada masing-masing area pengujian dengan setiap warna gelombang cahaya lampu LED berwarna putih (380-750 nm), merah (R) (620-750 nm), kuning (Y) (570–590 nm), dan biru (B) (450-495 nm), dengan masing-masing sample uji sebanyak 2 kali ulangan (duplo), kemudian dikontakan dengan variasi konsentrasi limbah artifisial logam berat Cu(II) sebesar 15, 30 dan 45 mg/L dalam labu erlenmeyer sebanyak volume kerja 100 mL, dengan pengkondisian pH optimum 6 dan kondisi suhu 20-29 °C (Bitton, 2005). Uji ini dilakukan pada waktu kontak 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 *Chlorella vulgaris*. Konsentrasi ion Cu(II) pada supernatan yang diperoleh dianalisis dengan *spektrofotometer Uv vis* pada panjang gelombang 450 nm (Soeprijanto, Aryanto, dan Fabella, 2004).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisis Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella vulgaris*

Hasil penelitian pada pengkulturan pertumbuhan mikroalga *Chlorella vulgaris* melewati dengan memiliki sifat fisik yang teramati yang menandakan sebagai fase berkembang ataupun fase kematian dari mikroalga tersebut. Pertumbuhan mikroalga *Chlorella vulgaris* yang teramati selama 16 hari pengkulturan Penghitungan dilakukan dengan menghitung jumlah sel yang teramati melalui *Microscope CX21 Olympus*, *Haemocytometer Neubeaureur* 0,0025 mm<sup>2</sup> dan *Hand Totall Counter*, kemudian dilakukan pengenceran bertingkat hingga 10<sup>4</sup>, yang direpresentasikan dengan satuan sel/ml yang diplot pada grafik pertumbuhan **Gambar 2**.

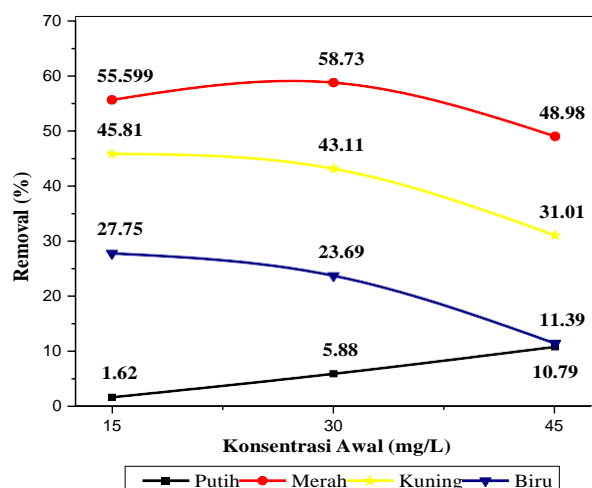


**Gambar 2.** Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella vulgaris*

Pertumbuhan pada umur kultur hari ke-1 dan 2 memasuki fase adaptasi atau fase lag, Mikroalga *Chlorella vulgaris* menunjukkan dapat beradaptasi dengan baik pada lingkungan baru, hal tersebut dipengaruhi oleh senyawa organik dan anorganik pada media walne yang menjadi sumber nutrisi bagi pertumbuhan mikroalga (Istirokahtun dkk, 2017). Pertumbuhan mikroalga *Chlorella vulgaris* 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 *Chlorella vulgaris* melakukan pembelahan sel secara cepat yang kemudian menghasilkan kenaikan jumlah mikroalga dalam kultur secara signifikan. Fase ini menunjukkan pada fase pertumbuhan mikroalga *Chlorella vulgaris* 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. Pertumbuhan hari ke 8-9 memasuki pada fase stasioner mikroalga *Chlorella vulgaris* dan pada hari ke 10, menunjukkan fase penuurnan laju pertumbuhan hingga fasa 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 *C. vulgaris* tidak mampu lagi mempertahankan kepadatannya. Faktor stasioner terjadi karena nutrisi dalam media sudah sangat berkurang sehingga tidak mencukupi untuk pertumbuhan dan pembelahan sel (Prihantini, 2005).

#### 3.2 Analisis Uji Biosorpsi pada Mikroalga *Chlorella vulgaris*

Pengujian didapatkan, hasil uji konsentrasi akhir penyisihan limbah cair artifisial Cu(II) menunjukkan penurunan pada setiap konsentrasi terhadap waktu kontak 60 menit disetiap variasi gelombang cahaya yang direpresentasikan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Efisiensi Penyisihan Cu(II) pada Waktu Kontak 60 menit

Mekanisme pengambilan logam berat oleh mikroalga *Chlorella vulgaris* melalui dua proses yaitu konsumsi ion logam dan/atau akumulasi intraselular ion logam (*Active Uptake*) dan pertukaran ion (*Passive Uptake*). *Active Uptake* pada proses biosorpsi ini yaitu dengan akumulasi oleh ion logam oleh mikroalga *Chlorella vulgaris* yang dapat menyebabkan keracunan terhadap mikroalga tersebut jika dikonsumsi terlalu banyak pada intrasel mikroalga. Hal ini tentunya dapat menghalangi pertumbuhan mikroorganisme dan metabolisme selnya, sebagai akibat dari ketoksikan yang dialami oleh mikroalga *C. vulgaris* oleh logam berat Cu(II). Foton dengan panjang gelombang yang pendek pada gelombang cahaya putih dan biru memiliki probabilitas tinggi untuk menghasilkan fotoinhibisi (Yan dkk, 2013), yang merupakan 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), Sedangkan pada gelombang cahaya panjang yakni merah dan kuning dapat mencegah fotoinhibisi. Secara umum urutan dari efisiensi penyisihan logam berat Cu(II) pada mikroalga *C. vulgaris* pada penelitian ini yang menggunakan gelombang cahaya yaitu Merah > Kuning > Biru > Putih menunjukkan bahwa panjang gelombang cahaya merah adalah panjang gelombang cahaya yang optimal untuk reproduksi mikroalga *C. vulgaris* 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 15, 30, dan 45 mg/L, ini membuktikan bahwa semakin besar konsentrasi limbah cair akan membuat kemampuan mikroalga *C. vulgaris* 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. Meskipun peningkatan penyerapan logam diamati, penurunan persentase adsorpsi dapat dikaitkan dengan kejenuhan situs pengikatan logam, seperti pada konsentrasi Cu(II) yang tinggi yaitu 45 mg/L mengalami penurunan persen removal setelah mengalami peningkatan removal pada konsentrasi 15 mg/L serta 30 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.

#### 4. KESIMPULAN

Variasi penambahan gelombang cahaya dan variasi konsentrasi Cu(II) pada mikroalga *Chlorella vulgaris* memiliki pengaruh terhadap penyisihan logam berat Cu(II). Penyisihan kandungan logam berat Cu(II) pada limbah cair dengan efisiensi tertinggi yaitu pada variasi penambahan gelombang cahaya merah, dengan variasi konsentrasi Cu(II) maksimum pada 30 mg/L pada waktu kontak 60 menit, studi ini telah menunjukkan bahwa mikroalga *Chlorella vulgaris* dapat dimanfaatkan sebagai biosorben yang efektif untuk penyisihan kandungan logam berat Cu(II) dalam limbah cair.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada seluruh pihak yang berkontribusi dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Kepada Bapak dan Ibu Dosen Teknik Pengolahan Limbah, Pak Ahmad Erlan Afiuddin dan Pak Tarikh Azis Ramadani yang memberi saran dan masukan untuk Tugas Akhir ini, serta kepada teman-teman Teknik Pengolahan Limbah 2018 yang memberikan semangat dan do'a. Semoga Tugas Akhir ini memberikan manfaat bagi penelitian selanjutnya.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Bajguz A. (2011). *Suppression of Chlorella vulgaris growth by cadmium, lead, and copper stress and its restoration by endogenous brassinolide. Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 60(3): 406–416.
- Bitton, G. (2005). *Waste water Microbiology 3rd edition. John Wiley & Sons, inc, New Jersey.*
- Daniyati, R., Yudoyono, G., Rubiyanto, A. (2012). Desain Closed Photobioreaktor *Chlorella Vulgaris* Sebagai Mitigasi CO<sub>2</sub>. *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.
- Hala Yusafir, Taba Paulina, Asmawati dan Langan FR. (2014). *Potensi Mikroalga Laut Nannochloropsis salian sebagai Biosorben Ni<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> dalam Medium Conway Terkontaminasi Campuran Tiga Logam. Chem. Prog* Vol. 7 No.2. Makasar : Universitas Hasanuddin.
- Handayani, N.A. Dan Ariyanti, D. (2012). Potensi Mikroalga Sebagai Sumber Biomasa Dan Pengembangan Produk Turunannya. *Jurnal Teknik – Vol. 33 No.2 Tahun 2012, ISSN 0852-1697.*
- 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.
- Mishra, A. and Jha, B. (2009). *Isolation and characterization of extracellular polymeric substances from micro-algae Dunaliella salina under salt stress. Bioresour. Technol.*, 100, 3382e3386.
- Novianti, Teni. Zanuri, Muhammad dan Widowati, Ita. (2017). Studi Tentang Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella Vulgaris* Yang Dikultivasi Berdasarkan Sumber Cahaya yang Berbeda. *Mangifera Edu: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*. Vol. 1 No.2. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Nurhanifah, Nova Diyana. (2019). Kultivasi Mikroalga Menggunakan Media AF6 Berdasarkan Perbedaan Intensitas Cahaya. *JOM FTEKNIK* Vol. 6 Ed. 1. Pekanbaru : Universitas Riau.
- Pagnanelli F, Jbari N, Trabucco F, Martínez ME, Sánchez S, Toro L. (2013). *Biosorption Mediated Reduction Of Cr(VI) Using Heterotrophically-Grown Chlorella Vulgaris: Active Sites And Ionic Strength Effect. Chem Eng J* 2013;231:94–102.
- 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.
- 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.
- Prihantini, N.B., B. Putri dan R. Yuniati. (2005). Pertumbuhan *Chlorella sp.* dalam Medium Ekstrak Tauge (MET) dengan Variasi pH Awal. *Jurnal Sains*. Volume 1(9), Pages 1-6.
- Sari Yulien Nilam dan Matax Fatimah. (2013). *Sintetis dan Uji Toksisitas Kompleks Logam Mn(II)/Zn(II) dengan Ligan Asam Piridin-2,6-Dikarboksilat.* Surabaya : Institute Teknologi Sepuluh Nopember.
- Shen Q-H, Zhi T-T, Cheng L-H, Xu X-H, Chen H-L. (2013). *Hexavalent chromium detoxification by nonliving Chlorella vulgaris cultivated under tuned conditions. Chem Eng J*;228:993–1002.
- Soeprijanto, Elsony, A., dan Sulistyowati, E. (2005). Kinetika Biosorpsi Ion Logam Berat Cr(VI) Menggunakan Biomassa *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 4(1). 183-190.
- Wilan, Tiara. (2019). *Pemanfaatan Mikroalga Sebagai Biosorben pada Proses Biosorpsi Logam Berat.* Jakarta: Universitas Trisakti.
- Yan, Chen, zhang Ling, Luo X, dan Zheng Zheng. (2013). *Effects Of Various Led Light Wavelengths And Intensities On The Performance Of Purifying Synthetic Domestic Sewage By Microalgae At Different Influent C/N Ratios.* Shanghai : Departement of Environmental Science and Engineering, Fudon University.