

**Pengaruh Kecepatan Putaran Pada Proses *Rotary Alga Biofilm Reactor* (RABR) Untuk Penyisihan COD Menggunakan Mikroalga *Chlorella* sp. Pada Limbah Cair Domestik**

**Mutia Nurrahmadhani<sup>1)</sup>, Shinta Elystia<sup>2)</sup>, Sri Rezeki Muria<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan

<sup>2)</sup>Dosen Teknik Lingkungan <sup>3)</sup>Dosen Teknik Kimia

Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam,  
Pekanbaru, 28293

E-mail: [mutia98rahmadhani@gmail.com](mailto:mutia98rahmadhani@gmail.com)

**ABSTRACT**

*Domestic liquid waste has organic matter and high pollutant load. Microalgae Chlorella sp. is able to utilize organic material as a source of nutrition for its growth, hence it may reduce pollutant of domestic liquid waste. Microalgae Chlorella sp. which grows on the surface of the disk is suspended in domestic liquid waste using a Rotary Alga Biofilm Reactor (RABR) is able to absorb high level nutrient, so that they have high cell growth. In this research, it is conducted by using speed rotational variations in RABR process (2, 4, dan 6 rpm) and contact time (0, 1, 3, 5, 7 days) to remove COD parameters. Based on the results toward the removal of pollutant parameters by using 4 rpm rotational speed variation is higher than using 2 and 6 rpm. The concentration of COD removal of 210 mg/L with the removal efficiency of 73,08 %.*

**Keywords:** *Chlorella sp, COD, Rotation Speed, Domestic Liquid Waste, Rotary Alga Biofilm Reactor (RABR)*

## **1. PENDAHULUAN**

Kota Pekanbaru merupakan salah satu wilayah di Provinsi Riau yang terdiri dari 12 kecamatan dan 83 kelurahan serta memiliki jumlah penduduk sebanyak 1.117.359 jiwa. Air bersih yang dibutuhkan dan digunakan masyarakat akan berpengaruh terhadap air limbah yang dihasilkan karena dari total penggunaan air bersih oleh masyarakat 80 % nya akan menjadi air limbah. Air limbah hasil kegiatan

rumah tangga apabila langsung dibuang ke badan air tanpa dikelola terlebih dahulu dengan baik berpotensi menimbulkan gangguan terhadap lingkungan (Metcalf and Eddy, 2003).

Salah satu dari 83 kelurahan di Pekanbaru yaitu Kelurahan Delima telah melakukan program Sanitasi Perkotaan Berbasis Masyarakat dengan pembuatan IPAL Komunal. Limbah yang diolah pada IPAL

Komunal merupakan limbah *grey water* dan *black water*. Dimana konsentrasi limbah pada kolam 4 dengan kadar COD sebesar 1520 mg/l, TSS sebesar 274 mg/l, dan NH<sub>3</sub> sebesar 16,95 mg/l dan perbandingan C:N yaitu 90:18. Berdasarkan data yang didapatkan bahwa konsentrasi limbah tersebut berada diatas baku mutu. Konsentrasi bahan pencemar yang tinggi akan menyebabkan masalah bagi badan air, yaitu dapat menurunkan kandungan *Dissolved Oxygen* (DO), memicu terjadinya eutrofikasi dan meningkatkan kadar toksisitas badan air, sehingga diperlukan pengolahan efektif dalam menyisihkan bahan pencemar.

Jenis pengolahan biologis yang digunakan untuk menguraikan senyawa organik tersebut adalah dengan pengolahan biologi *Rotary Alga Biofilm Reactor* (RABR). RABR, yaitu sistem pengolahan aerobik dengan menggunakan serangkaian bentuk circular yang terbuat dari bahan PVC/polimer lainnya dengan sistem *attached growth* dan *suspended growth*. Prinsip kerja RABR didasari pada kecepatan putaran dan penggunaan media disk sebagai tempat melekatnya mikroorganisme (Kawaroe, 2010).

Mikroalga merupakan biomassa yang potensial digunakan dalam proses RABR. Mikroalga menghasilkan ekstraseluler berupa protein dan polisakarida sehingga

memiliki kemampuan melekat cukup tinggi (Wang dkk, 2018). Kandungan protein dan polisakarida oleh mikroalga *Chlorella* sp. adalah 55-60% (Paniagua, 2015) dan 18-22% (Sui, 2012).

Media yang digunakan yaitu berupa disk. Media ini dibuat dari bahan *Polycarbonate* (PC) yang bersifat hidrofobik sehingga memudahkan mikroalga untuk melekat, mudah bergerak dalam air limbah dan mengoptimalkan kontak antara air limbah, udara dan mikroorganisme membentuk biofilm. Wang dkk, (2018) menyatakan bahwa ketebalan biofilm mikroalga bervariasi antara 22 mikron sampai 2 mm. Dimana biofilm yang terbentuk dipengaruhi oleh kecepatan putaran dari media (Patwardhan, 2003).

Penelitian ini mempelajari tentang pengaruh kecepatan putaran pada proses *Rotary Alga Biofilm Reactor* (RABR) dan waktu kontak terhadap penyisihan kadar COD. Dengan penelitian ini diharapkan dapat mengatasi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah cair domestik dengan sistem RABR menggunakan mikroalga.

## **2. METODE PENELITIAN**

### **2.1. Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah RABR dengan dimensi 30 cm x 30 cm x 30 cm, media *Compaq Disc* (CD), tabung reaksi, tabung reaksi tutup, erlenmeyer, *heating block*, buret dan

statip, gelas ukur 10 ml dan 100 ml, dan wadah sampel 50 ml.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair domestik IPAL Komunal di Pekanbaru, mikroalga *Chlorella* sp. dari Pusat Penelitian Alga Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, medium Dahril *Solution*, akuades, dan bahan kimia untuk analisis parameter.

## 2.2. Prosedur Penelitian

### 2.2.1 Preparasi Limbah Cair Domestik

Limbah cair domestik diambil sebanyak 41 Liter pada kolam ke IV sesuai SNI 6989.59:2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah. Kemudian dilakukan uji COD dari limbah cair domestik tersebut.

### 2.2.2 Perbanyakan Mikroalga *Chlorella* sp.

Perbanyakan mikroalga *Chlorella* sp. dilakukan hingga pertumbuhan sel mencapai  $1 \times 10^6$  sel/ml (Oktafiani, 2013) dengan cara menambahkan 100 ml mikroalga *Chlorella* sp. dan 400 ml medium Dahril *Solution* ke dalam 3,5 liter akuades menggunakan sumber cahaya yang berasal dari cahaya matahari.

### 2.2.3 Aklimatisasi

Aklimatisasi mikroalga *Chlorella* sp. pada limbah cair domestik yang di dalamnya terdapat

media *Compaq Disc* (CD) (Filliazati dkk, 2013) dilakukan hingga pertumbuhan sel mencapai  $1 \times 10^6$  sel/ml dengan cara mencampurkan 50 % alga hasil perbanyakan dalam medium Dahril *Solution* dan 50 % limbah cair hotel. Kemudian dilanjutkan dengan mencampurkan alga dari tahap pertama dan limbah cair hotel dengan rasio alga : limbah cair hotel sebesar 75% : 25% (Oktafiani, 2013).

### 2.2.4 Percobaan Utama

Mikroalga *Chlorella* sp. dikultivasi dalam medium limbah cair domestik menggunakan RABR yang memiliki volume kerja sebesar 18 liter. Variasi pada penelitian ini adalah kecepatan putaran RABR 2, 4, dan 6 rpm. Suspensi alga yang dimasukkan ke dalam tiap RABR memiliki konsentrasi 25% (4500 ml) masing-masingnya (Zulfarina dkk, 2013).

### 2.2.5 Analisa Kadar COD

Analisa konsentrasi COD dilakukan dengan variasi waktu kontak (0, 1, 3, 5, dan 7 hari). Analisa parameter COD mengacu pada SNI 6989.2.2009. Kadar COD dihitung dengan menggunakan rumus

$$\text{Kadar COD (mg O}_2\text{/L)} = C \times f$$

Keterangan:

C: nilai COD contoh uji, dinyatakan dalam mg/L

F: faktor pengenceran

Efisiensi penyisihan parameter COD selama proses pengolahan

diperoleh melalui perhitungan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\% \text{ Eff} = \frac{(C_{in} - C_{ef})}{C_{in}} \times 100$$

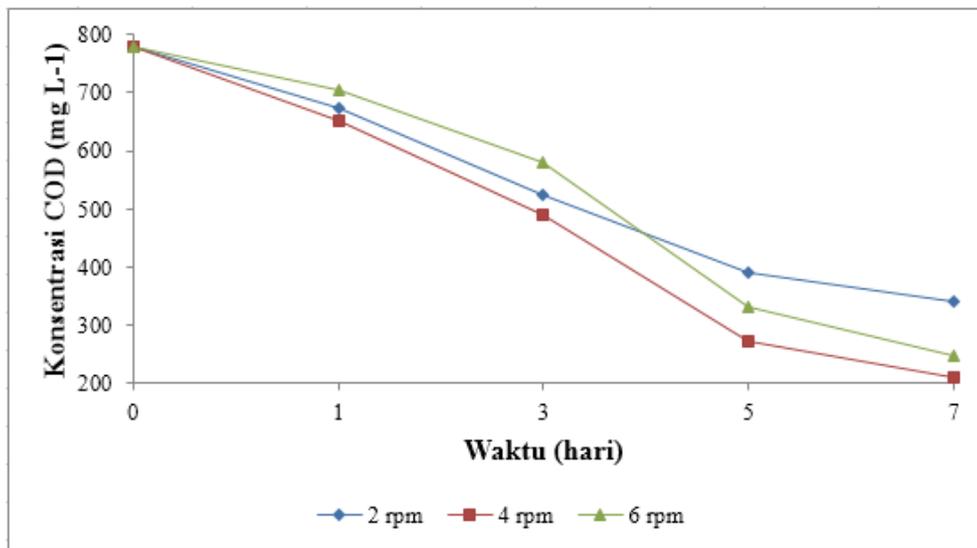
Keterangan:

$C_{in}$  =Konsentrasi influen (mg/l)

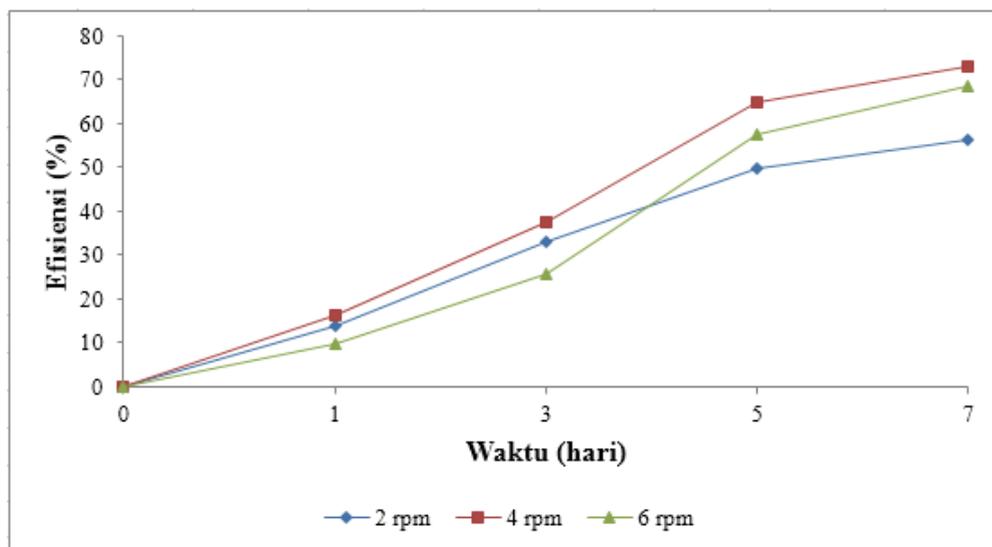
$C_{ef}$  =Konsentrasi efluen (mg/l)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi COD dan efisiensi penyisihan tiap perlakuan berbeda-beda. Adapun grafik konsentrasi dan efisiensi penyisihan COD dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.1 Grafik Konsentrasi COD Selama Proses Pengolahan



Gambar 3.2 Grafik Efisiensi Penyisihan COD Selama Proses Pengolahan

Efisiensi penyisihan COD tertinggi terdapat pada variasi kecepatan putaran 4 rpm dengan tingkat efisiensi sebesar 73,08%. Hal ini dikarenakan variasi kecepatan putaran optimal sehingga menyebabkan aerasi merata baik pada pertumbuhan suspensi maupun pertumbuhan melekat. Aerasi yang merata dapat menjadikan pertumbuhan sel mengalami peningkatan. Semakin banyak jumlah sel mikroalga dalam reaktor (berupa pertumbuhan suspensi maupun pertumbuhan melekat), maka semakin banyak pula mikroalga yang dapat menguraikan bahan pencemar dalam air limbah sehingga dapat meningkatkan efisiensi penyisihan (Said dan Santoso, 2015). Hal ini sesuai dengan penelitian Malla dkk (2015) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi jumlah sel mikroalga maka penurunan konsentrasi parameter pencemar semakin baik. Menurut Waizh (2018), jumlah sel mikroalga yang tinggi dapat menurunkan kadar COD lebih baik daripada jumlah sel mikroalga rendah.

Variasi kecepatan putaran 4 rpm menghasilkan efisiensi penyisihan COD yang lebih tinggi daripada kecepatan putaran 2 dan 6 rpm. Variasi kecepatan putaran 6 rpm mengalami penurunan yang signifikan pada hari ke 5 dan 7 dikarenakan biofilm yang melekat pada permukaan media lepas karena kecepatan putaran yang cepat

sehingga jumlah sel berbasis suspensi meningkat dan kadar COD menurun. Sedangkan pada variasi kecepatan putaran 4 rpm pada hari ke 5 dan hari ke 7 mengalami penurunan yang tidak terlalu tinggi dikarenakan alga yang berbasis suspensi lebih mudah melekat pada permukaan media sehingga jumlah sel juga mengalami sedikit peningkatan. Hal ini didukung oleh penelitian Zhuang dkk (2016) yang menyatakan bahwa adanya biofilm mikroalga lebih baik dalam menyisihkan bahan organik dibandingkan hanya memanfaatkan suspensi mikroalga. Adanya EPS pada biofilm mikroalga berguna sebagai kompartemen nutrisi untuk pertumbuhan mikroalga, sekaligus dapat membantu proses penguraian mikroalga dalam menyisihkan bahan organik yang terdapat dalam air limbah sehingga efisiensi penyisihan COD meningkat. Selain itu, adanya pengaruh aerasi juga berpengaruh terhadap penurunan COD. Dengan adanya aerasi dapat menjaga mikroalga tetap tersuspensi dalam air limbah (Afifah dan Hermana, 2013) sehingga memungkinkan untuk terjadi kontak yang baik antara alga dan nutrisi yang terdapat dalam limbah.

Penurunan nilai COD terdapat pada variasi kecepatan putaran 2, 4 dan 6 rpm. Penurunan ini membuktikan kandungan yang dimiliki air limbah domestik khususnya senyawa organik dapat

dimanfaatkan sebagai nutrisi dalam pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. Menurut Evelyana dkk (2013), mikroalga merombak karbon organik yang terkandung dalam air limbah yang menyebabkan penurunan kadar COD. Salgueiro dkk (2016) mempelajari penurunan kadar COD oleh mikroalga *Chlorella vulgaris*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa COD menurun dengan cepat dikarenakan adanya proses asimilasi yang mana asam organik atau glukosa dalam limbah berfungsi langsung sebagai nutrisi organik esensial.

COD terkait dengan tingkat karbon dalam air limbah, sehingga penurunan COD dapat dikaitkan dengan karbon yang merupakan makronutrien untuk pertumbuhan mikroalga (Pachacama 2014). Mikroalga *Chlorella* dapat tumbuh dengan kondisi *mixotrophic*, yaitu mikroalga menggunakan cahaya dan karbon organik dalam medium (Mutjaba dkk, 2017). CO<sub>2</sub> dan karbon organik secara simultan berasimilasi di mana mikroalga memanfaatkan CO<sub>2</sub> yang terlarut sebagai sumber karbon dan diubah menjadi senyawa organik kompleks seperti glukosa saat proses fotosintesis. Menurut Tangahu dkk (2018), mikroalga akan memecah zat organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dan sebagai sumber energi untuk metabolisme sehingga kadar COD dapat berkurang.

Pada penelitian ini kultivasi mikroalga dalam limbah cair domestik terjadi pada kondisi non steril sehingga diasumsikan terdapat mikroorganisme dalam air limbah. Simbiosis mutualisme antara mikroalga dan bakteri juga berperan dalam proses penurunan kadar COD. Pasaribu dkk (2018) mempelajari penurunan kadar COD pada limbah cair sagu. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penurunan nilai COD diduga karena simbiosis antara mikroalga dan bakteri pengurai B-DECO<sub>3</sub> sehingga limbah cair sagu lebih mudah didegradasi. Mikroalga dapat meningkatkan aktivitas bakteri dengan melepaskan senyawa ekstraseluler tertentu seperti asam glikolat (Wang dkk, 2009) dan mengkonsumsi CO<sub>2</sub> yang dilepaskan dari bakteri (Tang, 2014), sedangkan pertumbuhan bakteri dapat meningkatkan metabolisme mikroalga, mengkonsumsi O<sub>2</sub> yang dilepaskan mikroalga dalam proses fotosintesis untuk membantu dekomposisi polutan organik, melepaskan beberapa fitohormon secara in vitro sebagai faktor pemacu pertumbuhan (Gonzalez dan Basan 2000), serta menyederhanakan senyawa kompleks menjadi bentuk yang dapat diasimilasi untuk mikroalga dan pada saat yang sama memanfaatkan bagian dari senyawa organik (Tan dkk, 2018)

#### 4. KESIMPULAN

Efisiensi penyisihan COD tertinggi selama proses pengolahan terjadi pada RABR dengan variasi kecepatan putaran 4 rpm dengan efisiensi penyisihan COD 73,08% pada hari ketujuh. Semakin lama waktu kontak pada penelitian ini maka semakin besar efisiensi penyisihan COD.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, A. S., dan Hermana, J. (2013). Efek Aerasi dan Konsentrasi Substrat pada Pertumbuhan Alga Menggunakan Sistem Bioreaktor pada Proses Batch. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 1-5.
- Evelyana, A. D., Jannah, F., dan Hendrianie, N. (2013). Pengaruh Logam Berat (Cu Dan Cd) Dan Salinitas Terhadap Peningkatan Kadar Lipid Pada *Chlorella vulgaris* Dan *Botryococcus braunii* Serta Peran *Chlorella vulgaris* Dan *Botryococcus braunii* Dalam Penurunan Kadar COD Pada Limbah Industri PT. Sier. *Jurnal Teknik Pomits*, 1(1), 1-5.
- Filliazati, M., Apriani, I., dan Zahara, T. A. (2013). Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball dan Tanaman Kiambang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1-10.
- Gonzalez, L., dan Bashan, Y. 2000. Increased Growth of The Microalgae *Chlorella vulgaris* when Coimmobilized and Cocultured in Alginate Beads with The Plant-Growth-Promoting Bacterium *Azospirillum Brasilense*. *Journal of Applied Environmental and Microbiology*, 1527-1531.
- Kawaroe, dkk. 2010. *Mikroalga Potensi dan pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar*: Insitut Teknologi Bandung. Bandung
- Malla, F. A., Khan, S. A., Rashmi., Sharma, G. K., Gupta, N., dan Abraham, G. (2015). Pycoremediation Potential of *Chlorella minutissima* on Primary and Tertiary Treated Wastewater for Nutrient Removal and Biodiesel Production. *Journal of Ecological Engineering*, 75, 343-349.
- Metcalf and Eddy, 2003, *Wastewater Engineering, 3th edition*, Mc Graw Hill International Editions, New York.
- Mutjaba, G., M. Rizwan., K. Lee. 2017. Removal of Nutrient and COD from Wastewater Using Symbiotic Co-Cultur of Bacterium *Pseudomonas putida* and Immobilixed Microalga *Chlorella vulgaris*. *Journal of Industrial and Engineering*, 49, 145-151.

- Oktafiani, M. 2013. Pengaruh Konsentrasi Nutrien dan Konsentrasi Bakteri Pada Produksi Alga Dalam Sistem Bioreaktor Proses Batch. *Skripsi*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Pachacama, L., Tirado, J. O., Duchicela, J., Manjunatha, B., Kundapur, R. R., dan Rajeswari, B. 2014. Evaluation of microalgae's (*Chlorella* sp. and *Synechocystis* sp.) pollutant removal property: Pig effluent as a live stock discharge. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 6(8), 135-141
- Paniagua, M. J. (2015). *Microalgal Nutraceuticals*. Mexico: Handbook of Marine Microalgae.
- Pasaribu, J., Restuhadi, F., dan Zalfiatri, Y. 2018. Simbiosis Mutualisme Mikroalge *Chlorella* sp. Dengan Bakteri Pengurai B-DECO<sub>3</sub> Dalam Menurunkan Kadar Polutan Limbah Cair Sagu. *JOM Faperta*, 5(1), 1-13.
- Patwardhan AW. 2003. Rotating biological contactors: A review. *Ind Eng Chem Res* 42:2035–2051
- Said, N. I., dan Santoso, T. I. (2015). Penghilangan Polutan Organik dan Padatan Tersuspensi di dalam Air Limbah Domestik Dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). *JAI*, 8(1), 33-45.
- Salgueiro, J. L., Perez, L., Maceiras, R., Sanchez, A., dan Cancela, A. (2016). Bioremediation of Wastewater using *Chlorella Vulgaris* Microalgae: Phosphorus and Organic Matter. *Journal of Int. J. Environ. Res.*, 10(3), 465-470.
- Sui, Z., Gizaw, Y., dan Miller, B. J. N. (2012). Extraction of Polysaccharides From A Species Of *Chlorella*. *Carbohydrate Polymers*, 90(1), 1-7.
- Tan, K. A., Morad, N., Harlina, A., dan Ong, S. L. 2018. Removal of COD, BOD and nutrients in swine manure wastewater using freshwater green microalgae. *Malaysian Journal of microbiology*, 14(2), 187-194.
- Tang, M. 2014. Identifying opportunities to cultivate algae combined with wastewater recycling as a source of renewable energy in Southeast Asia. *Disertasi*, Master Sains dalam Energi Terbarukan, Universitas Murdoch, Murdoch.
- Tangahu, B. V., Triatmojo, A., Purwanti, I. F., dan Kurniawan, S. B. 2018. The Effect of Light-Emitting Diodes Illumination Period and Light Intensity on High Rate Algal Reactor System in Laundry Wastewater Treatment. *Journal of*

- Ecological Engineering*, 19(6), 170-175.
- Waizh, N. T. (2018). Pengaruh Densitas Alga dan Kedalaman Reaktor Terhadap Penurunan BOD & COD Limbah Cair Domestik. *Dspace Repository*.
- Wang, J. H., Zhuang, L. L., Xu, X. Q., Deantes, E. V. M., Wang, X. X., dan Hu, H. Y. (2018). Microalgal Attachment and Attached Systems For Biomass Production And Wastewater Treatment. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 331-342.
- Wang, L., Min, M., Li, Y., Chen, P., Chen, Y., Liu, Y., dan Ruan, R. 2009. Cultivation of Green Algae *Chlorella* sp. in Different Wastewaters from Municipal Wastewater Treatment Plant. *Journal of Applied Biochemistry and Biotechnology*.
- Zhuang, L. L., Azimi, Y., Yu, D., Wang, W. L., Wu, Y. H., Dao, G. H., dan Hu, H. Y. (2016). Enhanced Attached Growth of Microalgae *Scenedesmus*. LXI Through Ambient Bacterial Pre-Coating Of Cotton Fiber Carriers. *Journal of Bioresource Technology*, 1-31.
- Zulfarina. Sayuti, I., dan Putri, H. (2013). Potential Utilization of Algae *Chlorella Pyrenoidosa* for Rubber Waste Management. *Journal of Technology*, 1(3).