

PENYISIHAN NH_3 PADA LIMBAH CAIR DOMESTIK DENGAN ROTARY ALGA BIOFILM REACTOR

Deassy Amelia¹⁾, Shinta Elystia²⁾, Aryo Sasmita²⁾

¹⁾Mahasiswa Prodi Teknik Lingkungan ²⁾Dosen Teknik Lingkungan
Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru, 28293
Email: deassy.amel@gmail.com

ABSTRACT

Rotating Alga Biofilm Reactor (RABR) is a biological wastewater treatment using microorganisms with suspension and biofilm culture processes. The microorganism used in this study was the microalgae Chlorella sp. that require nutrients such as carbon, nitrogen and light for growth. This nutrient source is obtained from domestic wastewater which has a high organic matter content. In this study, variations of disc surface roughness (type 1, type 2 and type 3) were performed on the Rotary Alga Biofilm Reactor process and contact time (0, 1, 3, 5 days) to remove NH_3 , parameters. Reactor with variations of disk surface roughness type 3 was able to remove NH_3 concentration of 3.26 mg/l and removal efficiency of 83.84% on the 5th day with a total number of microalgae cells based on suspension and biofilm of 8.65×10^6 cells/ml.

Keywords: Chlorella sp., Rotary Alga Biofilm Reactor (RABR), Disc Surface Roughness, Domestic wastewater, NH_3

1. PENDAHULUAN

Kegiatan manusia sehari-hari tidak dapat dipisahkan dari air limbah baik domestik maupun non domestik. Oleh karena jumlah penduduk yang besar, maka sumber penghasil limbah cair terbesar di Indonesia adalah hasil dari aktivitas rumah tangga (limbah domestik) (Firdayati dkk, 2015).

Limbah cair domestik dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan karakteristiknya, yaitu limbah kakus (*black water*) yang dialirkan dan diolah pada tangki septic dan limbah non kakus atau hasil dari aktivitas domestik (*grey water*) yang dialirkan ke badan air melalui drainase. Karena pengelolaan limbah yang tidak tepat di sebagian besar kota, *grey water* mengalir melalui saluran pembuangan atau sistem drainase tanpa pengolahan sehingga mencemari badan air yang berfungsi sebagai sumber air minum dan pembersih (Firdayati dkk, 2015). Karakteristik limbah cair domestik di Indonesia umumnya mengandung

berbagai substrat antara lain: COD 250 – 1000 mg/l, BOD 40 – 400 mg/l, Amonia 12-50 mg/l, TSS 100 – 350 mg/l, Total nitrogen 20 – 85 mg/l, Total fosfor 4 – 15 mg/l, dan Lemak 50 – 150 mg/l (Dhokkikah, 2006).

Menurut Djajadiningrat (1992), proses pengolahan biologi secara aerob yang sering digunakan antara lain: *Stabilization Ponds*, *Trickling Filter*, *Activated Sludge Process*, dan *Rotating Biological Contactor* (RBC) atau *Rotary Alga Biofilm Reactor* (RABR). RABR adalah teknologi pengolahan limbah cair secara aerobik dengan menggunakan mikroalga sebagai mikroorganisme pengolah polutan dan media sebagai tempat mikroorganisme melekat. Penyisihan nitrogen dan fosfor dengan kultur melekat (*attached culture*) pada sistem RABR lebih besar dibandingkan pada sistem kolam terbuka (*open lagoon*) (Hodges dkk, 2017).

Mikroorganisme untuk pertumbuhan *biofilm* pada RABR adalah mikroalga. Dalam pengolahan limbah, mikroalga yang dapat

digunakan salah satunya adalah mikroalga *Chlorella* sp. Pertumbuhan mikroalga dipengaruhi oleh proses fotosintesis untuk tumbuh dan berkembang biak. Cahaya dan nutrisi diperlukan agar proses fotosintesis dapat berjalan dengan optimal (Kawaroe dkk, 2010).

Media yang digunakan pada RABR yaitu berupa disk. Media ini dicetak menggunakan bahan dasar resin *polyester*. Dengan tujuan mengoptimalkan pertumbuhan *biofilm*, media sebagai tempat pelekatan *biofilm* tersebut harus memiliki luas permukaan yang besar untuk mengoptimalkan kontak antara air limbah, udara dan mikroorganisme. *Specific surface area* atau luas permukaan spesifik media didefinisikan sebagai total luas permukaan media yang tersedia untuk *biofilm* per satuan volume reaktor (Christenson & Sims, 2011).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Rotary Alga Biofilm Reactor* (RABR) berukuran 30 cm x 30 cm x 30 cm. Media disk yang digunakan adalah bahan *polyester* sebanyak 10 buah pada setiap variasi, mikroskop cahaya, *thomacytometer*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair domestik sebagai media suspensi untuk pertumbuhan mikroalga. Limbah diambil dari Perumahan Bumi Mi'raj Kelurahan Simpang Baru. Mikroalga yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Chlorella* sp. yang diperoleh dari Pusat Penelitian Alga Fakultas Perikanan Universitas Riau. Bahan pendukung lain adalah akuades, medium Dahril *Solution*, bahan kimia untuk analisis parameter.

2.2 Variabel Penelitian

2.2.1 Variabel Bebas

1. Kekasaran permukaan media disk yaitu; disk tipe 1 : datar, disk tipe 2 :

kontur radial dengan lebar jurang lebih lebar dari lebar gunung, dan disk tipe 3 : kontur radial dengan lebar jurang sama dengan lebar gunung ditambahkan variasi melintang di kontur radial.

2. Waktu kontak 0, 1, 3, dan 5 hari.

2.2.2 Variabel Tetap

1. Dimensi RABR 30 x 30 x 30 cm, volume kerja 18 liter (Laili dkk, 2014).
2. Diameter disk 12 cm (Nurrahmadhani, 2020).
3. Jarak antar disk 0,8 cm (Ebrahimi dkk, 2018).
4. Kecepatan putaran 4 rpm (Nurrahmadhani, 2020).
5. Kedalaman disk 70% (Sayekti dkk, 2011).
6. Konsentrasi suspensi alga dalam RABR 25% (Zulfarina, 2013).

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Preparasi Limbah Cair Domestik

Pada penelitian ini digunakan limbah cair domestik yang diambil dari saluran pembuangan di Perumahan Bumi Mi'raj Kelurahan Simpang Baru sebagai media suspensi. Pengambilan limbah cair domestik ini dilakukan sesuai SNI 6989.59-2008 sebanyak 54 liter dengan metode komposit tempat dan waktu.

2.3.2 Kultivasi Mikroalga *Chlorella* sp.

Perbanyak Mikroalga *Chlorella* sp. dilakukan dengan cara menambahkan 100 ml mikroalga *Chlorella* sp. dan 400 ml medium Dahril *Solution* ke dalam 3,5 liter akuades hingga pertumbuhan sel mikroalga *Chlorella* sp. berada pada fase eksponensial dengan jumlah total kepadatan sel sebesar 10^6 sel/ml.

2.3.3 Aklimatisasi

Tahap aklimatisasi dilakukan untuk mengadaptasikan mikroalga dengan kondisi lingkungan yang baru dan untuk membentuk *biofilm* pada media disk. Tahap aklimatisasi

dilakukan secara 2 tahap dengan volume kerja 4L. Pada tahap awal aklimatisasi dilakukan dengan rasio 1:1 limbah cair domestik dan mikroalga hasil kultivasi, serta memasukkan media disk yang akan digunakan pada percobaan utama ke dalam proses aklimatisasi. Kemudian pada tahap kedua dilakukan dengan rasio 3:1 limbah cair domestik dan mikroalga hasil kultivasi, serta memasukkan kembali media disk yang telah direndam pada tahap pertama ke tahap kedua aklimatisasi. Tahap ini dilakukan hingga mikroalga mencapai fase pertumbuhan eksponensial atau kepadatan sel mikroalga mencapai 1×10^6 sel/ml.

2.3.4 Percobaan Utama

Chlorella sp. dilakukan pada percobaan utama menggunakan medium limbah cair domestik dalam RABR dengan volume kerja 18 liter. Pada penelitian ini, reaktor kontrol 1 bertujuan untuk melihat proses penguraian limbah cair domestik oleh mikroalga dengan biakan tersuspensi, tanpa mikroalga dengan biakan melekat (*biofilm*). Reaktor kontrol 2 bertujuan untuk melihat proses penguraian limbah cair domestik oleh mikroalga tanpa biakan tersuspensi dengan variasi media disk terbaik. Limbah cair domestik dimasukkan ke dalam RABR yang sudah dilengkapi dengan media disk dengan variasi kekasaran permukaan disk yaitu disk tipe 1, disk tipe 2, dan disk tipe 3. Konsentrasi suspensi mikroalga yang dimasukkan pada percobaan ini sebesar 25% dari volume kerja (18000 ml) yaitu 4500 ml. Dari setiap variasi tersebut diberikan sumber cahaya yang berasal dari sinar matahari. Berikut merupakan uraian dari variasi kekasaran permukaan disk yang digunakan pada percobaan ini.

- Reaktor Kontrol 1 (13500 ml limbah cair domestik + 4500 ml suspensi mikroalga, tanpa menggunakan media disk)
- Reaktor Kontrol 2 (13500 ml limbah cair domestik + media disk terbaik yang telah

diaklimatisasi dengan limbah cair domestik)

- Reaktor 1 (13500 ml limbah cair domestik + 4500 ml suspensi mikroalga, dengan disk tipe 1)
- Reaktor 2 (13500 ml limbah cair domestik + 4500 ml suspensi mikroalga, dengan disk tipe 2)
- Reaktor 3 (13500 ml limbah cair domestik + 4500 ml suspensi mikroalga, dengan disk tipe 3)

2.4 Analisis dan Pengolahan Data

Untuk mengetahui kekasaran permukaan disk dan waktu kontak terbaik adalah dengan melihat efisiensi penyisihan parameter NH_3 pada waktu kontak 0, 1, 3, dan 5 hari. Analisis parameter dilakukan guna mengetahui kadar parameter setelah dilakukan pengolahan yang mengacu pada SNI yang berlaku. Lebih jelasnya mengenai analisis masing-masing parameter pencemar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Analisis Parameter Pencemar

Analisis	Metode / Alat
Jumlah Sel	<i>Thomacytometer</i>
Amonia	SNI 06-6989.30-2005

Untuk mengetahui efisiensi penurunan parameter uji di gunakan persamaan berikut:

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

Dimana:

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

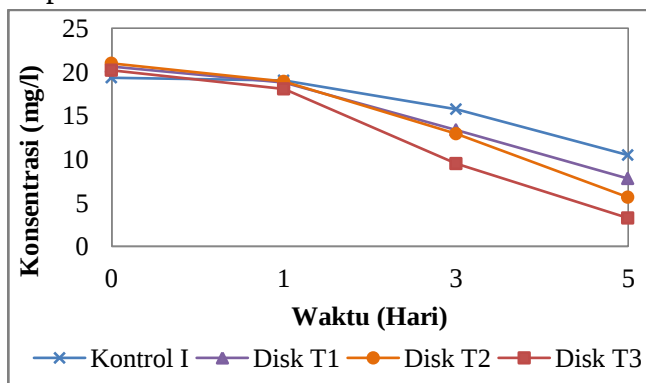
C_{ef} = konsentrasi efluen (mg/l)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

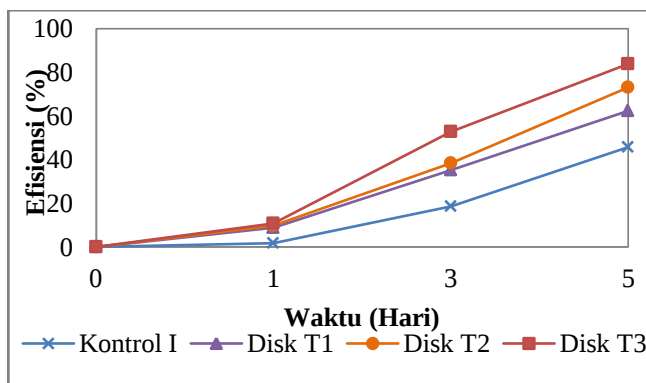
3.1 Pengaruh Kedalaman Terendam Disk Terhadap Konsentrasi dan Efisiensi Penyisihan NH_3

Pengujian nilai NH_3 dilakukan untuk menganalisa penyisihan NH_3 limbah cair domestik oleh mikroalga *Chlorella* sp. pada alat RABR. Setiap reaktor dengan variasi

kekasaran permukaan disk menghasilkan efisiensi penyisihan NH_3 yang berbeda-beda. Grafik konsentrasi dan efisiensi penyisihan NH_3 selama proses pengolahan dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 berikut.



Gambar 1. Grafik Konsentrasi NH_3 Selama Proses Pengolahan



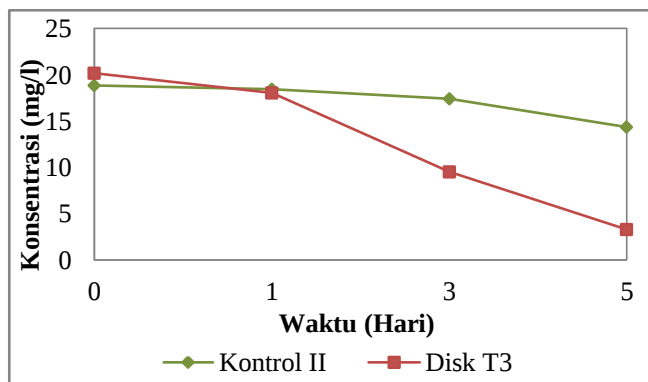
Gambar 2. Grafik Efisiensi Penyisihan NH_3 Selama Proses Pengolahan

Pada Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan konsentrasi NH_3 dan efisiensi penyisihan NH_3 pada tiap tiap reaktor. Efisiensi penyisihan NH_3 tertinggi terdapat pada variasi disk tipe 3 di hari ke-5 yaitu 83,84% dengan perubahan konsentrasi dari awal yaitu 20,19 mg/l menjadi 3,26 mg/l. Kemudian diikuti dengan efisiensi variasi disk tipe 2 dan disk tipe 1 pada hari ke-5 yaitu berturut-turut sebesar 73,05% dengan konsentrasi akhir 5,65 mg/l dan 62,26% dengan konsentrasi akhir 7,77 mg/l. Pada reaktor kontrol I juga terjadi penurunan NH_3 oleh suspensi mikroalga *Chlorella* sp. yaitu dengan efisiensi sebesar 45,79% dan konsentrasi akhir sebesar 10,47 mg/l. Penurunan kadar NH_3 dipengaruhi oleh

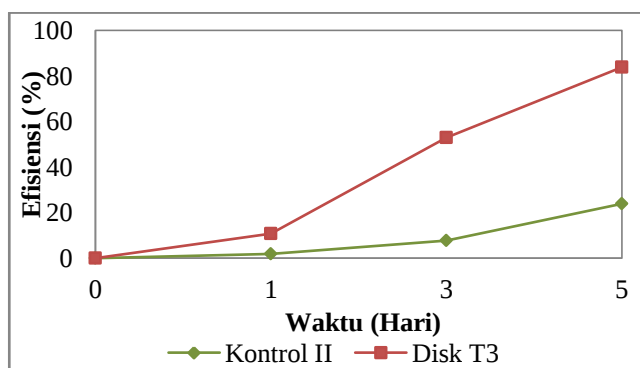
kekasaran permukaan disk, dimana kekasaran permukaan disk dapat meningkatkan pertumbuhan sel, transfer CO_2 dan kemampuan pelekatan mikroalga pada media disk (Sebestyén dkk, 2016).

Jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbanding terbalik dengan konsentrasi NH_3 yang terdapat pada limbah cair domestik. Berdasarkan Gambar 1. dapat dilihat bahwa pada hari ke-0 hingga hari ke-1 tidak terjadi penyisihan yang signifikan dikarenakan oleh pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. masih pada tahap adaptasi dengan media limbah cair domestik, sehingga NH_3 yang diserap oleh mikroalga juga sedikit (Hadiyanto & Azim, 2012). Pada hari ke-3 dan hari ke-5 didapatkan penyisihan NH_3 yang tinggi dilihat dari turunnya konsentrasi NH_3 . Penurunan ini membuktikan kandungan NH_3 yang dimiliki limbah cair domestik dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi dalam pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. Mikroalga terbukti dapat dapat mengurangi senyawa nitrogen sebesar 90% pada limbah cair domestik (Xin dkk, 2010).

Peningkatan biomassa mikroalga terjadi dikarenakan oleh adanya pemanfaatan hara yaitu NH_3 dan CO_2 sebagai nutrisi untuk pertumbuhan mikroalga oleh fotosintesis yang menghasilkan oksigen. Oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis ini dapat digunakan oleh bakteri pengurai limbah untuk mengoksidasi bahan organik menjadi sel-sel baru. Grafik konsentrasi dan efisiensi penyisihan NH_3 pada RABR dan RBC selama proses pengolahan dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 berikut.



Gambar 3. Grafik Konsentrasi NH₃ pada RABR dan RBC



Gambar 4. Grafik Efisiensi NH₃ pada RABR dan RBC

Berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4 didapatkan efisiensi penyisihan NH₃ tertinggi pada variasi disk tipe 3 di hari ke-5 (RABR) yaitu 83,84% dan efisiensi penyisihan NH₃ pada kontrol II di hari ke-5 (RBC) yaitu 23,89%. Kekasaran permukaan media disk diketahui mempengaruhi pelekatan mikroorganisme pada permukaan, yang dimana pada perlakuan kontrol II digunakan bakteri yang terdapat pada limbah cair domestik. Choudhary, dkk (2017) mengatakan bahwa penggunaan bakteri sebagai mikroorganisme pengurai pada proses pengolahan tidak akan menghasilkan zat EPS yang banyak dibandingkan dengan penggunaan mikrolaga-bakteri. Bakteri membutuhkan waktu lebih lama agar dapat melekat dengan sempurna pada media disk yang selanjutnya akan melakukan pembelahan sel berbasis *biofilm*. Penggunaan bakteri sebagai mikroorganisme pengurai tanpa ada bantuan oleh mikroalga menjadi penyebab

lamanya penguraian NH₃ oleh bakteri dikarenakan kurangnya suplai O₂. Simbiosis mutualisme yang terjadi antara bakteri dan mikroalga dapat membantu suplai O₂ untuk bakteri dan suplai CO₂ untuk mikroalga (Zhuang dkk, 2016).

Hasil penelitian ini menunjukkan waktu kontak berperan penting terhadap penurunan kadar NH₃. Efisiensi penyisihan NH₃ tertinggi berdasarkan waktu kontak terjadi pada hari ke-5. Seiring dengan bertambahnya waktu kontak, efisiensi penyisihan NH₃ semakin meningkat yang dapat dilihat dari penurunan konsentrasi NH₃ yang terdapat pada limbah cair domestik. Semakin lama waktu kontak, maka semakin lama waktu yang digunakan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dan semakin rendah konsentrasi bahan organiknya (Pasaribu, 2018).

4. KESIMPULAN

Efisiensi penyisihan NH₃ pada limbah cair domestik tertinggi pada proses RABR dengan kekasaran permukaan disk tipe 3 pada hari ke-5 pengolahan dengan efisiensi penyisihan yaitu 83,84% dan konsentrasi akhir yaitu 3,26 mg/l yang telah memenuhi standar baku mutu.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Choudhary, P., Malik, A., Pant, K.K. (2017). Algal Biofilm Systems: An Answer To Algal Biofuel Dilemma. In: Gupta, S.K., Malik, A., Bux, F. (Eds.), *Algal Biofuels: Recent Advances and Future Prospects*. Springer International Publishing, Cham, pp. 77–96.
- Christenson, L. & Sims, R. (2011). Production and Harvesting of Microalgae for Wastewater Treatment, Biofuels, and Bioproducts. *Biotechnol. Adv* 29
- Dhokkikah, Y. (2006). Pengolahan Air Bekas Domestik Dengan Sistem Constructed Wetland Aliran Sub Surface untuk

- Menurunkan COD, TS dan Deterjen. *Tesis*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Djajadiningrat, A. H. (1992). Pengendalian Pencemaran Limbah Industri. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Ebrahimi, A., Najafpour, G.D., Anazadeh, M., Ghavami, M. (2018). Optimization of Whey Treatment in Rotating Biological Contactor: Application of Taguchi Method. *Iranian Journal of Energy and Environment* 9(2): 146-152.
- Firdayati, M., Indiyani, A., Prihandrijanti M., Otterpohl, R. (2015). Greywater in Indonesia: Characteristic and Treatment Systems. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 21(2), 98-114.
- Hadiyanto & Azim, M. (2012). *Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan. Edisi pertama*. Semarang: UPT UNIP Press.
- Hodges, A., Fica, Z., Wanlass, J., VanDarlin, J., Sims, R., (2017). Nutrient and Suspended Solids Removal from Petrochemical Wastewater Via Microalgal Biofilm Cultivation. *Chemosphere* 174, 46–48.
- Kawaroe, M., Prartono, T., Sanuddin, A., Wulansari, D., Augustine, D. (2010). *Mikroalga Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar*: Insitut Teknologi Bandung. Bandung.
- Laili, F. R., Susanawati, L.D., Suharto, B. (2014). Efektivitas Rotating Biological Contactor Disc Datar dan Baling-Baling dengan Variasi Kecepatan Putaran Pada Pengolahan Limbah Cair Tahu. *Jurnal Sumber daya Alam dan Lingkungan*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Nurrahmadhani, M. (2020). Pengaruh Kecepatan Putaran Pada Proses Rotary Alga Biofilm Reactor (RABR) untuk Penyisihan COD, TSS, dan NH_3 Menggunakan Mikrolaga *Chlorella* sp. Pada Limbah Cair Domestik. *Skripsi*. Program Studi Teknik Lingkungan. Teknik Universitas Riau. Pekanbaru.
- Pasaribu, J., Restuhadi, F., Zalfiatri, Y. (2018). Simbiosis Mutualisme Mikroalga *Chlorella* sp. Dengan Bakteri Pengurai B-DECO₃ Dalam Menurunkan Kadar Polutan Limbah Cair Sagu. *JOM Faperta*, 5(1), 1-13.
- Sayekti, R.W., Haribowo, R., Vivit, Y., Prabowo, A. (2011). Studi Efektifitas Penurunan Kadar BOD, COD, dan NH_3 Pada Limbah Cair Rumah Sakit dengan Rotating Biological Contactor. *Jurnal Teknik Pengairan*, 2(2), 182-189
- Sebestyén, P., Blanken, W., Bacsa, I., Tóth G., Martin, A., Bhajji, T., Dergez, Á., Kesserű, P., Koós, Kiss, I. (2016) Upscale of A Laboratory Rotating Disk Biofilm Reactor and Evaluation of Its Performance Over A Half-Year Operation Period In Outdoor Conditions. *Algal Research*. 266-272
- Xin, L., Hong-ying, H., Ke, G., Jia, Y. (2010). Growth and nutrient removal properties of a freshwater microalga *Scenedesmus* sp. LX1 under different kinds of nitrogen sources. *Ecological Engineering* Vol. 36.
- Zhuang, L. L., Azimi, Y., Yu, D., Wang, W. L., Wu, Y. H., Dao, G. H., 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., & Putri, H. (2013). Potential Utilization of Algae *Chlorella Pyrenoidosa* for Rubber Waste Management. *Journal of Technology*, 1(3)