

**PENGARUH KEDALAMAN TERENDAM DISK PADA
PROSES ROTARY ALGA BIOFILM REACTOR MENGGUNAKAN
MIKROALGA *Chlorella* sp. UNTUK PENYISIHAN COD, TSS LIMBAH
CAIR DOMESTIK**

Annisa Mardhatillah¹⁾, Shinta Elystia²⁾, Aryo Sasmita³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan

²⁾Dosen Teknik Lingkungan ³⁾Dosen Teknik Lingkungan

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: annisadesrii@gmail.com

ABSTRACT

*Domestic wastewater consists of black water and grey water, grey water as the largest contributor to the total domestic wastewater contains organic material. Microalgae *Chlorella* sp can its organic compounds and nutrients for photosynthesis to reduce pollutants in grey wastewater. Rotary Algae Biofilm Reactor (RABR) technology is a biological treatment with a suspended growth system and uses disk media as a site for attached growth occurs. This study aims to remove COD and TSS parameters in grey waste water by treatment with variations in depth of immersed disks, which are 40%, 60%, and 80% in contact 0,1,3, and 5 days. The results of the highest research during the deep processing showed the efficiency parameters, namely the variation of the depth of the disk submerged 80% on day 5 with the total density of microalgae cells *Chlorella* sp. suspension-based and attached at $9,55 \times 10^6$ cells/ml. The removal efficiency of COD was 81,58% with a concentration of 100 mg/l and the increase in TSS concentration was 522 mg/l.*

*Key Word : Rotary Alga Biofilm Reactor (RABR), Grey Waste Water, *Chlorella* sp., Depth of Immersed Disk, COD.*

1. PENDAHULUAN

Kota Pekanbaru merupakan salah satu kota yang memiliki jumlah penduduk yang besar di Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) dalam angka 2020, kota Pekanbaru memiliki jumlah penduduk sebanyak 1.149.359 jiwa. Tingginya jumlah penduduk akan berpengaruh terhadap air limbah yang dihasilkan karena

meningkatnya aktivitas rumah tangga menyebabkan semakin besarnya volume limbah yang dihasilkan dari waktu ke waktu. Limbah cair domestik terdiri dari *black water* dan *grey water*. Menurut Haryani (2019), *grey water* menyumbang 80% dari total keseluruhan air limbah domestik, *grey water* sebagian besar mengandung bahan organik. Air

limbah *grey water* di Indonesia pada umumnya dialirkan ke badan air melalui saluran pembuangan drainase tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. *Grey water* yang langsung dibuang ke badan air tanpa dilakukan pengolahan akan menyebabkan pencemaran. Salah satu upaya pengolahan limbah *grey water* adalah dengan memanfaatkan pengolahan biologis. Pengolahan limbah cair secara biologi bertujuan untuk membersihkan zat-zat organik atau mengubah zat organik yang berbahaya tersebut menjadi bentuk yang kurang/tidak berbahaya (Eckenfelder, 2000).

Pengolahan limbah cair secara biologi dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu proses biomassa tersuspensi (*suspended culture*), proses biomassa melekat (*attached culture*) dan proses lagoon atau kolam. Salah satu pengolahan yang digunakan untuk menguraikan senyawa organik adalah *Rotary Alga Biofilm Reactor* (RABR). RABR merupakan sistem pengolahan aerobik dengan sistem *attached growth* dan *suspended growth* yang menggunakan media disk berbentuk *circular* yang dipasang tegak lurus pada poros dan diputar dengan kecepatan yang telah disesuaikan. Teknologi ini mampu menyisihkan kandungan bahan organik sampai tingkat efisiensi 95 % (Ratnawati, 2013).

Mikroalga merupakan mikroorganisme uniseluler yang

berpotensi besar dalam pengolahan limbah dengan memanfaatkan limbah sebagai media hidupnya. *Chorella* sp. adalah salah satu jenis mikroalga uniseluler yang merupakan mikroorganisme hidrofilik. (Wang dkk, 2018). Mikroalga *Chlorella* sp. memiliki kandungan protein 55-60% dan polisakarida 18-22%, sehingga memiliki kemampuan untuk melekat yang cukup tinggi. Mikroalga menghasilkan *Soluble Algal Products* (SAP) ekstraseluler yang terdiri dari protein dan polisakarida yang berguna dalam proses melekatnya mikroalga pada permukaan media disk (Wang dkk, 2018).

Media disk *acrylic* yang memiliki sifat material hidrofobik, *acrylic* memiliki kelebihan yaitu mempermudah mikroalga untuk melekat pada media disk, mudah bergerak dalam air limbah dan dapat mengoptimalkan kontak antara air limbah, udara dan mikroorganisme yang akan membentuk *biofilm*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor berukuran 30 cm x 30 cm x 30 cm. Media disk yang digunakan berbahan *acrylic* dengan diameter 12 cm sebanyak 15 buah tiap reaktor, mikroskop cahaya, pH meter, *thermometer*, *thomacytometer*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair domestik *grey water* dari Perumahan Bumi Mi'raj di Kelurahan Simpang Baru. Mikroalga yang digunakan adalah *Chlorella* sp. Bahan pembantu lain seperti akuades, medium Dahril *Solution* dan bahan kimia untuk analisis parameter.

2.2 Variabel Penelitian

2.2.1 Variabel Tetap

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

2.2.2 Variabel Bebas

1. Kedalaman terendam disk yaitu 40, 60 dan 80 % pada proses *Rotary Alga Biofilm Reactor* (RABR).
2. Waktu kontak 0, 1, 3 dan 5 hari.

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Preparasi Limbah Cair Domestik

Pengambilan limbah cair *grey water* sesuai SNI 6989.59-2008 dengan metode komposit waktu dan tempat, dilakukan sebanyak 54 liter

pada beberapa titik dan waktu yang berbeda.

2.3.2 Kultivasi Mikroalga *Chlorella* sp.

Proses kultivasi mikroalga *Chlorella* sp. dilakukan dalam 3,5 liter akuades dengan ditambahkan 100 ml mikroalga *Chlorella* sp. dan 400 ml medium dahril *solution* hingga mikroalga *Chlorella* sp. memasuki fase eksponensial dengan jumlah sel mencapai 1×10^6 sel/ml.

2.3.3 Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan proses penyesuaian mikroalga terhadap media limbah cair domestik *grey water* dan media disk *Acrylic*. Tahap aklimatisasi terdiri atas dua tahap, tahap pertama dengan mencampurkan mikroalga hasil kultivasi dan limbah *grey water* dengan rasi 50%:50%. Kemudian dilakukan tahap dua dengan mencampurkan kembali suspensi mikroalga dari tahap pertama dengan limbah *grey water* dengan rasio 75%:50%.

2.3.4 Percobaan Utama

Pada percobaan utama, perbanyak *Chlorella* sp. dilakukan pada medium limbah *grey water* dalam RABR dengan volume kerja 18 liter. Berikut merupakan uraian dari reaktor yang digunakan pada percobaan ini dengan memvariasikan kedalaman terendam disk:

- a. Reaktor Kontrol 1 (13500 ml limbah cair domestik + 4500 ml suspensi mikroalga, tanpa menggunakan media disk)

- b. Reaktor Kontrol 2 (13500 ml limbah cair domestik, tanpa penambahan suspensi mikroalga dan dengan kedalaman terendam disk terbaik)
- c. Reaktor 1 (13500 ml limbah cair domestik + 4500 ml suspensi mikroalga, dengan kedalaman terendam disk 40%)
- d. Reaktor 2 (13500 ml limbah cair domestik + 4500 ml suspensi mikroalga, dengan kedalaman terendam disk 60%)
- e. Reaktor 3 (13500 ml limbah cair domestik + 4500 ml suspensi mikroalga, dengan kedalaman terendam disk 80%)

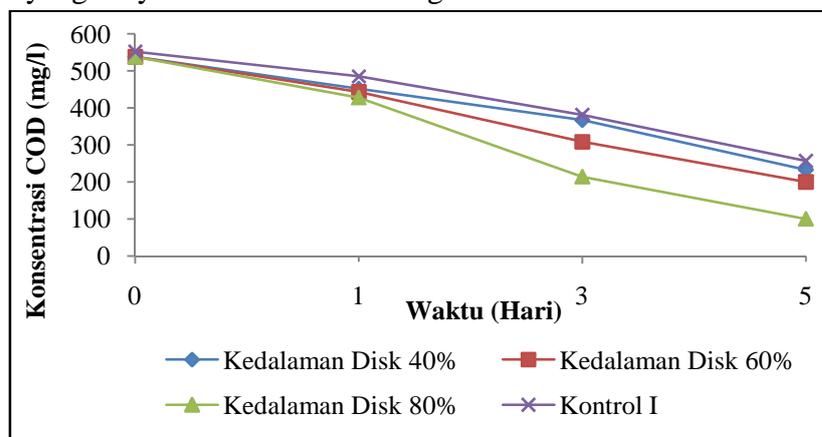
2.4 Analisa dan Pengolahan Data

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan efisiensi penyisihan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Kedalaman Terendam Disk Terhadap Konsentrasi dan Efisiensi Penyisihan COD

Konsentrasi dan efisiensi penyisihan COD dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 yang dinyatakan dalam bentuk grafik.



Gambar 1. Grafik Konsentrasi COD Selama Proses Pengolahan

parameter COD dengan kedalaman terendam disk dan waktu kotak terbaik. Setelah dilakukan pengamatan dalam rentang waktu kontak 0, 1, 3 dan 5 hari, maka dilakukan analisa parameter sesuai dengan SNI yang berlaku. Analisa parameter pencemar dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Analisa Parameter Pencemar

Analisa	Metode / Alat
COD	SNI 6989.73-2009
TSS	SNI 6989.3-2019

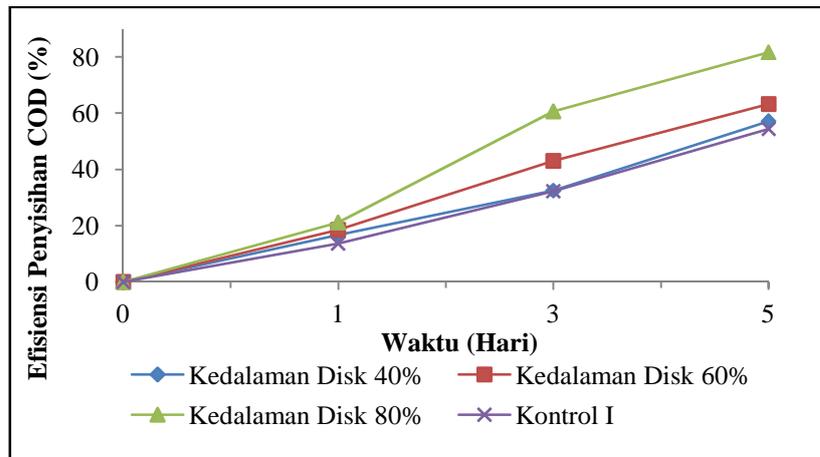
Untuk mengetahui efisiensi penurunan parameter uji digunakan persamaan berikut:

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

Dimana :

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

C_{ef} = Konsentrasi efluen (mg/L)



Gambar 2. Grafik Efisiensi COD Selama Proses Pengolahan

Pada grafik tersebut menjelaskan penyisihan tertinggi terjadi pada hari ke-5 dengan rentang efisiensi semua perlakuan yaitu 54,31–81,58%. Penyisihan COD tertinggi pada penelitian ini adalah variasi kedalaman terendam disk 80% dengan tingkat efisiensi penyisihan sebesar 81,58%, dimana konsentrasi awal COD sebesar 543 mg/l menjadi 100 mg/l. Hal ini dikarenakan banyaknya luas area media disk yang terendam di dalam limbah *grey water*, sehingga mempermudah pembentukan *biofilm* yang tebal dan merata pada permukaan media. Sejalan dengan penelitian Sayekti dkk (2011), bahwa lapisan *biofilm* di permukaan media akan menjadi optimal apabila diberikan luas area terendam media disk yang cukup besar untuk berlangsungnya kontak antara permukaan disk dengan air limbah. Pesatnya pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. menyebabkan kandungan COD dalam limbah *grey water* akan mengalami penurunan.

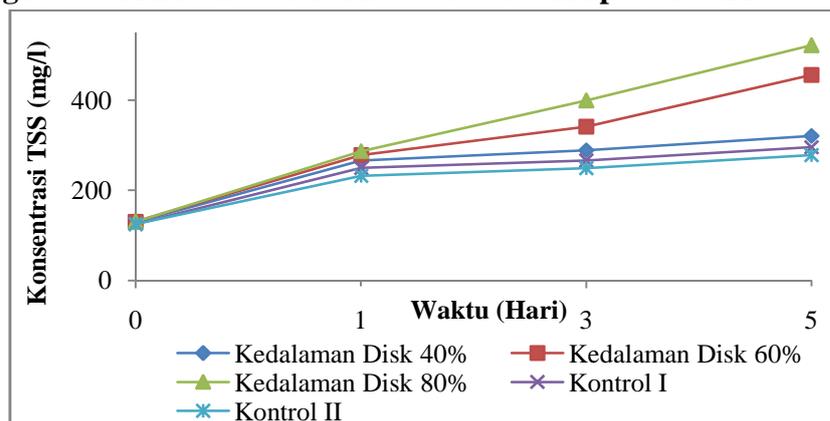
Sesuai dengan tingginya jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. yang didapatkan pada hari ke-5 dengan kedalaman terendam disk 80% menghasilkan efisiensi yang tinggi dalam penyisihan COD.

Mikroalga *Chlorella* sp. membutuhkan karbondioksida untuk proses fotosintesis sehingga menghasilkan oksigen yang digunakan untuk mendegradasi senyawa organik dalam limbah cair domestik (Simatupang dkk, 2017). Peningkatan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis suspensi maupun *biofilm* menyebabkan polutan didalam limbah cair domestik akan terurai sehingga dapat meningkatkan efisiensi penyisihan (Said dkk, 2015). Dikuatkan dengan pernyataan oleh Istirokhatun dkk (2017), bahwa pertumbuhan sel mikroalga berbanding terbalik dengan konsentrasi COD yang terdapat pada limbah domestik. Semakin tinggi jumlah sel mikroalga, maka konsentrasi COD akan menurun begitu pula sebaliknya.

Penurunan konsentrasi COD pada tiap perlakuan juga disebabkan adanya hubungan simbiosis mutualisme antara mikroalga *Chlorella* sp. dengan bakteri. Saat mikroalga melakukan proses fotosintesis, mikroalga memproduksi oksigen, oksigen tersebut digunakan oleh bakteri untuk bertahan hidup dan mendegradasi senyawa organik di dalam limbah. Saat bakteri mendegradasi senyawa organik, bakteri menghasilkan karbondioksida

dan karbondioksida tersebut dibutuhkan kembali oleh mikroalga untuk melakukan fotosintesis, karbondioksida terlarut sebagai sumber karbon diubah menjadi senyawa organik kompleks seperti glukosa (Simatupang dkk, 2017). Menurut Tan dkk (2018), mikroalga akan memecah zat organik menjadi lebih sederhana dan sebagai sumber energi untuk metabolisme sehingga konsentrasi COD mengalami penurunan.

3.2 Pengaruh Kedalaman Terendam Disk Terhadap Nilai TSS



Gambar 3. Grafik Konsentrasi TSS Selama Proses Pengolahan

Grafik tersebut menjelaskan bahwa setiap perlakuan pada penelitian ini mengalami kenaikan konsentrasi TSS. Konsentrasi TSS tertinggi terdapat pada variasi kedalaman terendam disk 80% yaitu 522 mg/l pada hari ke-5. Hal ini disebabkan karena besarnya peningkatan pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. Dengan demikian, dapat diindikasikan bahwa peningkatan jumlah sel mikroalga selaras dengan peningkatan konsentrasi TSS pada limbah grey

water. Sesuai dengan penelitian Dewanti (2020), menyatakan bahwa semakin tinggi angka pertumbuhan mikroalga pada suatu perlakuan maka konsentrasi TSS juga akan semakin besar.

Luasnya area terendam media disk mempengaruhi jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis suspensi maupun *biofilm*, terbukti dari jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. tiap perlakuan variasi kedalaman terendam disk. Adanya variasi kedalaman terendam disk

dapat mempengaruhi produktivitas sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis suspensi dan *biofilm*, sehingga suspensi mikroalga dapat berada di fase eksponensial dengan waktu yang cukup lama. Jumlah sel mikroalga berbasis suspensi yang tinggi pada reaktor dapat meningkatkan konsentrasi TSS dalam limbah *grey water*.

4. KESIMPULAN

Efisiensi penyisihan COD tertinggi pada proses RABR dengan kedalaman terendam disk 80% dengan efisiensi 81,58% konsentrasi hasil pengolahan sudah memenuhi standar baku mutu, serta terjadi peningkatan konsentrasi TSS di hari ke-5 dari 129 mg/l menjadi 522 mg/l.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2020. *Pekanbaru dalam angka*. Badan Pusat Statistik Jakarta.
- Christenson, L. B. 2011. *Algal biofilm production and harvesting system for wastewater treatment with biofuels by-product*. MS; Logan, UT: Utah State University.
- Ebrahimi, A., Najafpour, G.D., Anazadeh, M., Ghavami, M. 2018. Optimization of Whey Treatment in Rotating Biological Contractor: Application of Taguchi Method. *Iranian of Energy and Environmental*. 9(2): 146-152.
- Eckenfelder, Jr., & Wesley, W. 2000. *Industrial Water Pollution Control 3th ed*. Singapore: Mc Graw Hill Book Co.
- Elsaprike, J. 2004. Desain Rotating Biological Contractor Meda Ijuk (*Arenga Pinnata*) Pada Perencanaan Bangunan Pengolahan Limbah Domestik Kota Yogyakarta. *Skripsi*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Gross, M., Henry, W., Michael, C., & Wen, Z. 2013. Development of a Rotating Algae *Biofilm* Growth System for Attached Microalgae Growth with in situ biomass harvest. *Bioresour Technol*. 150: 195-201.
- Haryani, Mutia F. "Pengolahan Limbah Greywater Dengan Teknologi Lahan Basah Buatan." INA-Rxiv, 1 July 2019. Web.
- 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*. 1(2). 88-96.
- Kawaroe, M., P. Tri., S. D. Wulan, & Dina, A. 2010. Fatty Acid Content of Indonesian Aquatic Microalgae. *Hayati*. 17 (4) : 196-200.
- 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* Reactors (RABR) Untuk Penyisihan COD, TSS dan NH₃ Menggunakan Mikroalga *Chlorella* sp. Pada Limbah Cair Domestik. *Skripsi*. Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Ratnawati, R., Kholif, M., & Sugito. 2013. Desain IPAL Biofilter Untuk Mengolah Air Limbah Poliklinik Unipa Surabaya. *Jurnal Teknik Waktu Volume 12 Nomor 02-Juli-2014- ISSN:1412-1867*.
- Said, N.I & Santoso, T.I. 2015. Penghilangan Polutan Organik dan Padatan Tersuspensi di dalam Air Limbah Domestik dengan Proses *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). Vol.8 No.1.
- Sayekti, R.W., Haribowo, R., Vivit, Y., dan Prabowo, A. 2011. Studi Efektivitas Penurunan Kadar BOD, COD, dan NH₃ Pada Limbah Cair Rumah Sakit Dengan Rotating Biological Contactor. *Jurnal Sumber daya Alam dan Lingkungan*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Simatupang, D. Restuhado, F., Dahril, T. 2017. Pemanfaatan Simbiosis Mikroalga *Chlorella* sp. dan EM4 untuk Menurunkan Kadar Polutan Limbah Cair Sagu. *Jom Faperta*. 4(1).
- Tan, K. A., Morad, N., Harlina, A., & 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.
- Wang, D., Guo, F., Wu, Y., Li, Z & Wu, G. 2018. CO₂ Bio-Mitigation Using Microalgae. *Applied Microbiology and Biotechnology*. Vol. 79, No.5, Hal.707-18, ISSN: 1432-0614.
- Zulfarina., Sayuti, I., dan Putri, H. 2013. Potential Utilization of Algae *Chlorella Pyrenoidosa* for Rubber Waste Management. *Journal of Technology*. 1(3).