

## **Pemanfaatan *Bead Alga Chlorella Sp.* untuk Menyisihkan *Total Suspended Solid (TSS)* pada Limbah Cair Sawit Menggunakan *Flat-Fotobioreaktor***

**Indah Darmayanti<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>Teknik Kimia  
Laboratorium Pengendalian dan Pencegahan Pencemaran 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 : [indahdarmayanti9@gmail.com](mailto:indahdarmayanti9@gmail.com)

### **ABSTRACT**

*Palm oil mill effluent containing pollutants such as organic matter and high suspended solids that contributes to environmental pollution. Organic material contained in palm oil mill effluent can be used as nutrition by microalgae Chlorella sp. which is entrapped inside the alginate bead and can reduce TSS content in palm oil mill effluent. The TSS removal process was carried out in a flat-photobioreactor with various concentrations of algal bead in the amount of 6, 8, 10, 12, and 14 beads/mL of wastewater with contact times of 0, 1, 3, 5, and 7 days. Based on the results of the study, the best TSS removal efficiency was found in flat-photobioreactors with concentrations of algal bead 12 beads/mL of wastewater on the seventh day at 80.1%.*

**Keywords:** *Palm Oil Mill Effluent, Chlorlla sp., Algal bead concentration, TSS*

### **1. PENDAHULUAN**

Industri sawit merupakan salah satu industri yang memiliki perkembangan signifikan di Indonesia. Hal ini disebabkan karena Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak sawit (*Crude Palm Oil*) dan memiliki perkebunan sawit terbesar di dunia. Salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki perkebunan sawit terbesar adalah Provinsi Riau dengan luas area perkebunan sawit sebesar 2,5 juta hektar dengan total produksi CPO mencapai 8,7 juta ton pada tahun 2017 (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2018). Meningkatnya produksi CPO mengakibatkan meningkatnya limbah cair sawit (*Palm Oil Mill Effluent*) yang dihasilkan.

POME yang dihasilkan oleh suatu industri biasanya diolah pada suatu istem kolam terbuka yang masih membutuhkan lahan yang luas serta masih menghasilkan gas metan. Selain itu, POME mengandung bahan-bahan organik yang tinggi dan berwarna hitam keruh yang disebabkan oleh senyawa tanin dan padatan tersuspensi

yang terdapat di dalam POME (Hadiyanto, 2013).

POME yang dihasilkan oleh suatu industri biasanya diolah pada suatu istem kolam terbuka yang masih membutuhkan lahan yang luas serta masih menghasilkan gas metan. Selain itu, POME mengandung bahan-bahan organik yang tinggi dan berwarna hitam keruh yang disebabkan oleh senyawa tanin dan padatan terlarut yang terdapat di dalam POME (Hadiyanto, 2013).

Pengolahan secara biologis untuk menyisihkan TSS yang terkandung di dalam POME merupakan pengolahan yang sederhana dan tidak membutuhkan biaya yang besar. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan mikroalga *Chlorella sp.* untuk menguraikan bahan organik dan menurunkan kandungan TSS di dalam POME. *Chlorella sp.* dapat memanfaatkan kandungan organik yang terkandung di dalam POME sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhannya (Hadiyanto, 2013).

Pengolahan POME menggunakan mikroalga *Chlorella sp.* dapat

menghasilkan biomassa dalam jumlah yang besar (Woertz, 2007). Sementara itu, biomassa alga yang dihasilkan dapat dimanfaatkan menjadi energi alternatif pengganti bahan bakar (*biofuel*) (John, dkk., 2011). Mikroalga *Chlorella* sp. mampu memanfaatkan karbon organik dan anorganik yang terdapat di dalam POME untuk melakukan fotosintesis dan menghasilkan oksigen yang akan dimanfaatkan oleh bakteri yang terdapat di dalam POME untuk menguraikan bahan organik (Lee dkk., 1998).

Namun, ukuran mikroalga *Chlorella* sp. yang mikroskopis, mudah terdegradasi oleh air limbah, dan sulit dalam pemisahan biomassa dari air limbah menjadi masalah utama dalam penggunaan mikroalga. Oleh karena itu, diperlukan imobilisasi alga menggunakan kalsium alginat untuk merubah struktur sel *Chlorella* sp. menjadi *bead* alga dengan ukuran yang lebih besar.

Dalam penelitian ini, dilakukan pengolahan POME di dalam flat-fotobioreaktor dengan variasi konsentrasi *bead* alga *Chlorella* sp. sebesar 6, 8, 10, 12, dan 14 *beads*/mL air limbah dan waktu kontak selama 0, 1, 3, 5, dan 7 hari. Dan dilakukan uji terhadap kandungan TSS pada POME pada hari ke 0, 1, 3, 5, dan 7. Dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui konsentrasi *bead* alga dan waktu kontak terbaik dalam menyisihkan kandungan TSS di dalam POME.

## **2. ALAT, BAHAN, DAN PROSEDUR PENELITIAN**

### **2.1 ALAT DAN BAHAN**

Pada penelitian ini, alat yang digunakan antara lain *flat*-fotobioreaktor berukuran 20 cm x 7 cm x 25 cm, *chamber* cahaya berukuran 1 m x 0,3 m x 0,8 m dengan sumber cahaya berasal dari lampu LED *white-fluorescent* 5000±300 lux. Selain itu, digunakan aerator dengan debit 3 L/menit untuk pengadukan *bead* alga di dalam *flat*-fotobioreaktor. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini

antara lain mikroalga *Chlorella* sp. dan medium *Dahril Solution*, Natrium Alginat, CaCl<sub>2</sub> 0,5 M, dan Sodium Sitrat.

## **2.2 PROSEDUR PENELITIAN**

### **2.2.1 SAMPEL AIR LIMBAH**

Limbah cair sawit yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari kolam IV PTPN V Sei Pagar. *Sampling* air limbah dilakukan secara *grab sample* dan kemudian dilakukan penyaringan untuk memisahkan air limbah dari partikel-partikel besar seperti kayu dan kerikil. Kemudian dilanjutkan dengan uji kandungan TSS awal dengan menggunakan metode SNI 06-6989.3:2004 secara Gravimetri.

### **2.2.2 KULTIVASI DAN PEMBUATAN BEAD ALGA**

Mikroalga *Chlorella* sp. yang berasal dari Pusat Penelitian Alga Universitas Riau dikultivasi di dalam medium *Dahril Solution* selama kurang lebih 10 hari dan kemudian dipisahkan dari medium dengan cara sentrifugasi. Jumlah sel alga kemudian dihitung dengan menggunakan mikroskop dan *thomacytometer*.

Setelah kultivasi selama 10 hari, sel *Chlorella* sp. dipisahkan dari mediumnya dengan cara sentrifugasi. Residu sel alga yang dihasilkan kemudian disuspensikan ke dalam aquades dan dihomogenkan dengan cara pengadukan. Densitas sel alga yang terbentuk yakni sebesar  $2,12 \times 10^8$  sel/mL.

Pembuatan *bead* alga yakni dengan mengimmobilisasi sel *Chlorella* sp. ke dalam Natrium Alginat 4% dengan perbandingan 1:1 (sel alga : natrium alginat). Larutan alga alginat kemudian ditetaskan menggunakan pompa peristaltik ke dalam larutan Kalsium Klorida 0,5 M sehingga terbentuk *bead* alga berukuran 4 mm.

*Bead* alga yang terbentuk kemudian dibiarkan di dalam larutan CaCl<sub>2</sub> selama 12 jam pada suhu 4°C hingga *bead* mengeras. Setelah 12 jam, *bead* alga dipisahkan dari larutan CaCl<sub>2</sub> kemudian dicuci dengan

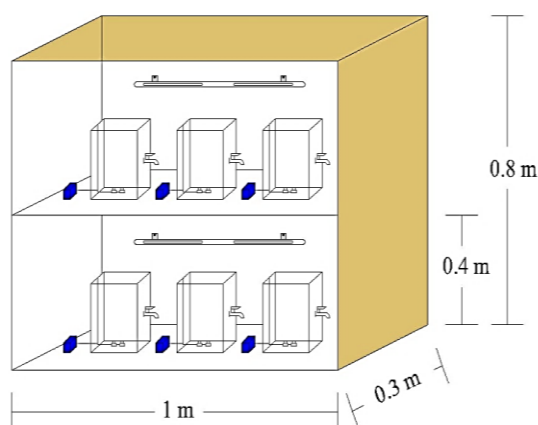
menggunakan larutan NaCl 0,85% dan selanjutnya dibilas dengan aquades.

Dalam penelitian ini digunakan *bead* kosong (*blank bead*) sebagai kontrol yang terbuat dari campuran natrium alginat dan aquades.

### 2.2.3 INSTALASI PEMASANGAN ALAT FLAT-FOTOBIOREAKTOR

Limbah cair sawit dalam penelitian ini diolah di dalam suatu *flat*-fotobioreaktor yang terbuat dari kaca berukuran 20 cm x 7 cm x 25 cm dengan volume efektif sebesar 3,5 L. Perspektif *flat*-fotobioreaktor dapat dilihat pada Gambar 1.

Lima buah *flat*-fotobioreaktor digunakan dengan masing-masing berisi konsentrasi *bead* alga sebesar 6, 8, 10, 12, dan 14 *beads*/mL air limbah. Sedangkan satu buah *flat*-fotobioreaktor berisi *blank bead* dengan konsentrasi *bead* alga terbaik. *Flat*-fotobioreaktor diletakkan di dalam *chamber* cahaya yang dilengkapi dengan lampu LED *white-fluorescent* 5000±300 lux. Dan bagian dalam *chamber* dilapisi dengan aluminium foil agar *flat*-fotobioreaktor mendapatkan pencahayaan yang lebih merata (Susanti, 2009). Gambar *chamber* cahaya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain *Flat*-Fotobioreaktor di dalam *Chamber* Cahaya

### 2.2.4 PENELITIAN UTAMA

Limbah cair sawit sebanyak 1,8 L dimasukkan ke dalam lima buah *flat*-

fotobioreaktor. Kemudian dimasukkan ke dalam masing-masing *flat*-fotobioreaktor *bead* alga *Chlorella* sp. dengan variasi yang telah ditentukan yakni sebesar 6, 8, 10, 12, dan 14 *beads*/mL air limbah. Seluruh *flat*-fotobioreaktor diberikan aerasi dengan debit sebesar 3 L/menit sebagai pengadukan dan diberikan pencahayaan yang berasal dari lampu LED *white-fluorescent* 5000±300 lux dengan periode Terang : Gelap selama 12 : 12 jam. Setelah diperoleh konsentrasi *bead* alga terbaik, kemudian dilakukan perlakuan kontrol dengan menggunakan *blank bead* dengan konsentrasi *bead* terbaik.

Selama proses pengolahan berlangsung, densitas sel alga di dalam *bead* untuk setiap variasi perlakuan dihitung menggunakan mikroskop dan *thomacytometer*. *Bead* alga pada setiap *flat*-fotobioreaktor diambil sesuai dengan konsentrasi *bead* alga kemudian dilarutkan menggunakan 1 mL Sodium Sitrat 0,2 M pada suhu ruang hingga *bead* alga melarut. Selanjutnya dilakukan perhitungan densitas sel untuk mengetahui pertumbuhan sel *Chlorella* sp. di dalam *bead* di bawah mikroskop menggunakan *thomacytometer*. Laju pertumbuhan sel dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Laju pertumbuhan } (\mu) = \frac{1}{\Delta t} \times (\ln X_n - \ln X_0)$$

Dimana :

$X_n$  = densitas sel alga pada waktu ke-n

$X_0$  = densitas sel alga pada waktu ke-0

$\Delta t$  = waktu ke n – waktu ke-0

Pengolahan dilakukan selama 7 hari di dalam *flat*-fotobioreaktor. Untuk mengetahui konsentrasi TSS dilakukan pengujian TSS secara Gravimetri pada hari ke 0, 1, 3, 5, dan 7. Kemudian dilakukan perhitungan efisiensi penyisihan dengan menggunakan rumus:

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

Dimana:

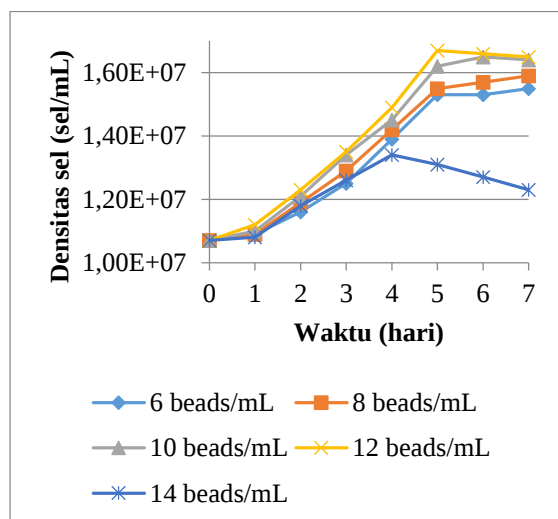
$C_{in}$  = Konsentrasi *influen* (mg/L)

$C_{ef}$  = konsentrasi *effluen* (mg/L)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 PERTUMBUHAN SEL *Chlorella* sp. DI DALAM BEAD SELAMA PROSES PENGOLAHAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, sel alga *Chlorella* sp. di dalam *bead* alginat masih mampu melakukan pembelahan sel dan bertahan hidup. Hal ini ditandai dengan meningkatnya densitas sel alga *Chlorella* sp. di dalam *bead*. Densitas sel awal pada setiap *bead* alga sebesar  $1,07 \times 10^7$  sel/mL dan meningkat setiap harinya hingga fase eksponensial. Peningkatan densitas sel ini menunjukkan bahwa sel *Chlorella* sp. di dalam *bead* mampu memanfaatkan bahan organik yang terdapat di dalam POME sebagai sumber nutrisi. Pertumbuhan sel *Chlorella* sp. di dalam *bead* alga pada setiap *flat*-fotobioreaktor dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pertumbuhan sel *Chlorella* sp. di dalam *Bead* Selama Pengolahan

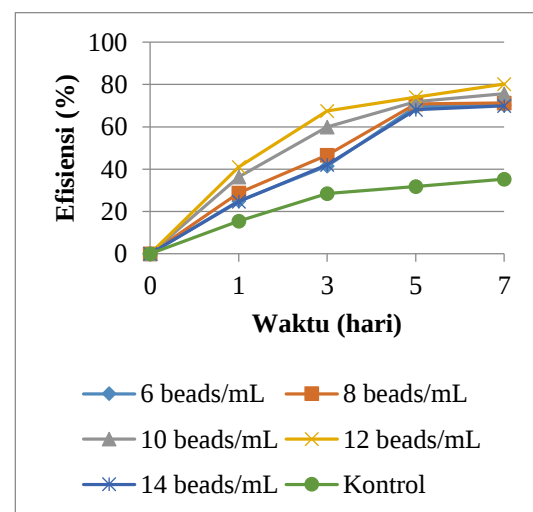
Pertumbuhan sel *Chlorella* sp. di dalam *bead* terbaik terdapat pada *flat*-fotobioreaktor dengan konsentrasi *bead* alga sebesar 12 *beads*/mL air limbah dengan pertumbuhan sel tertinggi terjadi pada fase eksponensial yakni pada hari kelima dengan densitas sel sebesar  $1,67 \times 10^7$  sel/mL dan menunjukkan fase stasioner hingga hari ketujuh. Sedangkan densitas sel terendah pada fase eksponensial terdapat pada *flat*-fotobioreaktor dengan konsentrasi *bead* alga sebesar 14 *beads*/mL air limbah

dengan densitas sel sebesar  $1,34 \times 10^7$  sel/mL pada hari keempat dan menurun hingga hari ketujuh.

#### 3.2 EFISIENSI PENYISIHAN TSS

Pada Gambar 3 dapat dilihat grafik nilai efisiensi penyisihan TSS untuk setiap perlakuan yang diplotkan terhadap waktu pengolahan.

Efisiensi penyisihan TSS semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak pada *flat*-fotobioreaktor. Pada penelitian ini diperoleh efisiensi penyisihan TSS terbaik pada *flat*-fotobioreaktor dengan konsentrasi *bead* alga sebesar 12 *beads*/mL air limbah pada hari ketujuh yakni sebesar 80,1 %. Hal ini ditandai dengan banyaknya suspensi yang menempel pada permukaan *bead* alga.



Gambar 3 Efisiensi Penyisihan TSS Selama Pengolahan

Seiring dengan bertambahnya waktu kontak, efisiensi penyisihan TSS semakin meningkat. Hal ini ditunjukkan dengan semakin lama waktu kontak maka semakin banyak suspensi yang menempel pada *bead* alga dan mengendap di dasar *flat*-fotobioreaktor. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Singh (2012), suspensi yang menempel pada permukaan *bead* dapat menambah massa *bead* yang menyebabkan terjadinya pengendapan.

Pada perlakuan kontrol *bead* kosong dengan konsentrasi *bead* di dalam *flat*-

fotobioreaktor sebesar 12 *beads*/mL air limbah tidak efektif untuk menurunkan konsentrasi TSS pada air limbah. Pada perlakuan kontrol dengan *bead* kosong, suspensi hanya menempel pada permukaan *bead* alginat saja sehingga efisiensi penyisihan TSS dengan *bead* kosong lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan *bead* alga *Chlorella* sp yakni hanya sebesar 35,3% .

Penurunan nilai TSS juga disebabkan karena adanya penguraian bahan organik yang dilakukan oleh bakteri pada limbah yang memanfaatkan oksigen yang dihasilkan oleh mikroalga *Chlorella* sp. sehingga bakteri yang ada pada limbah cair sawit juga ikut mengambil peran dalam penurunan konsentrasi TSS. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Zalfiatri (2017) bahwa semakin lama waktu kontak, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan mikroorganisme (bakteri dan mikroalga) untuk menguraikan bahan organik dan semakin besar penurunan nilai TSS yang terjadi.

Menurut Zalfiatri (2017), pada TSS terdapat fasa padat yang merupakan fase dimana mikroorganisme akan mengalami proses absorpsi. Oksigen dibutuhkan mikroorganisme untuk keperluan proses degradasi bahan organik dan pertumbuhan sel. Terjadinya difusi cair menjadi padat dari bahan organik dan nutrien, serta terjadinya proses adsorpsi koloid dan padatan tersuspensi oleh mikroorganisme untuk menghasilkan produk penguraian bahan organik berupa H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, dan sel baru. Kebutuhan oksigen yang banyak dalam mengoksidasi bahan organik dapat dihasilkan dari proses fotosintesis mikroalga *Chlorella* sp., sehingga terjadi simbiosis antara bakteri dan mikroalga *Chlorella* sp.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, efisiensi penyisihan TSS dan pertumbuhan sel *Chlorella* sp. terbaik terdapat pada *flat*-fotobioreaktor dengan

konsentrasi *bead* alga sebesar 12 *beads*/mL air limbah dengan efisiensi penyisihan sebesar 80,1% pada hari ketujuh. Hal ini menunjukkan semakin tinggi konsentrasi *bead* alga hingga batas optimum dan semakin lama waktu kontak, maka efisiensi penyisihan TSS semakin meningkat.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2018. *Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017 Perkebunan Sawit*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Hadiyanto. 2013. Valorisasi Mikroalga untuk Pengolahan Limbah Cair Sawit dan Sebagai Sumber Energi dan Pangan Alternatif. *Prosiding Rekayasa Kimia & Proses*. 1-11.
- John R.P. G.S, Anisha. K.M, Nampoothiri, A, Pandey. 2011. Micro and Macroalgal Biomass: A Renewable Source for Bioethanol. *Bioresource Technology Journal*. 102 : 186-193.
- Lee S.J., Kim S.B., Kim J.E., Kwon G.S., Yoon B.D., Oh H.M. 1998. Effects of Harvesting Method and Growth Stage on the Flocculation of the Green Alga *Botryococcus Braunii*. *Letters in Applied Microbiology*. 27 : 14-18.
- Singh, S, K., Bansal, A., Jha, M. K., Dey, Purba. 2012. An Integrated Approach to Remove Cr(VI) using Immobilized *Chlorella minutissima* Grown in Nutrient Rich Sewage Wastewater. *Bioresource Technology Journal*. 104 : 257-265.
- Susanti, Tri. 2009. Studi Biosorpsi Ion Logam Cr (VI) oleh Biomassa Alga Hijau yang Diimobilisasi Pada Kalsium Alginat. *Skripsi*. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Indonesia. Depok.
- Woertz. 2007. *Lipid Productivity of Algae Grown on Dairy Wastewater as a Possible Feedstock for Biodiesel*. Civil and Environmental Engineering. California Polytechnic University. San Luis Obispo.

Zalfiatri, Y., Restuhadi, F., Maulana, T.  
2017. Pemanfaatan Simbiosis  
Mikroorganisme B-DECO<sub>3</sub> dan  
Mikoalga *Chlorella* sp. untuk  
Menurunkan Pencemaran Limbah  
Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal  
Dinamika Lingkungan Indonesia*. 4  
(1) : 8-17.