

## Pengolahan Limbah Cair Sawit untuk Menyisikan TSS Menggunakan *Chlorella* sp. yang Diimmobilisasi Ca-Alginat di dalam Flat-Fotobioreaktor

Fucy Adilla Hasti<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 : [fucyadillahasti@gmail.com](mailto:fucyadillahasti@gmail.com)

### ABSTRACT

*Industry of palm oil continues to develop so that production of palm oil increases followed by increasing by-products in the form of waste. The biggest waste is Palm Oil Mill Effluent (POME) wastewater and needs to be treated because containing high organic matter. Utilization of microalgae carried out to wastewater treatment process. POME is used as a medium and nutrient for microalgae growth. Chlorella sp. immobilized with calcium alginate to remove of TSS parameter on POME. In this study, variations of wastewater concentration are 50%, 75%, 100% (v/v), and different source light i.e. artificial light and sunlight sources, and the contact times 0,1,3,5,7 (days ). Based on the results that Chlorella sp. able to growth well in a medium of 50% wastewater concentration using artificial lightsource on 7th days and removal efficiency of TSS obtained to 76.43%.*

**Keywords:** Palm Oil Mill Effluent, TSS Removal, Immobilization of Alginate, Flat-photobioreactor

### 1. PENDAHULUAN

Industri sawit merupakan salah satu industri penghasil devisa non migas di Indonesia dengan komoditi utama yaitu minyak sawit atau *Crude Palm Oil* (CPO). Produksi sawit yang terus meningkat setiap tahunnya menjadikan Indonesia sebagai pengekspor CPO terbesar di dunia. Nilai ekspor CPO Indonesia pada tahun 2014 mencapai 24,372 juta ton dan setara dengan US\$ 17.465 juta. Tahun 2017 produksi sawit di Indonesia mencapai 35.359.384 ton. Provinsi Riau merupakan salah satu wilayah terluas yang menghasilkan CPO sebesar 8,7 juta ton. (Ditjen Perkebunan, 2018).

Setiap ton pengolahan minyak sawit menghasilkan limbah cair sawit sebanyak 2,5 ton (Taha dan Ibrahim, 2014). Pada umumnya pengolahan limbah cair sawit dilakukan menggunakan serangkaian kolam-kolam terbuka (Hasanudin dkk., 2015). Pengolahan sistem kolam terbuka dapat melepaskan gas-gas rumah kaca

yang berbahaya bagi lingkungan seperti CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> (Hadiyanto, 2013). Limbah cair sawit memiliki kandungan BOD yang berkisar antara 21.500 – 28.500 mg/L, COD berkisar antara 45.000-65.000 mg/L dan *Total Suspended Solid* (TSS) berkisar antara 15.660 – 23.560 mg/L (Wong dkk, 2009).

Oleh karena limbah cair sawit memiliki kandungan bahan organik yang tinggi, maka limbah cair sawit memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi bagi mikroalga (Kawaroe, 2010). Pemanfaatan mikroalga sebagai agen perekdusi limbah merupakan bagian dari metode pengolahan limbah secara biologi (Bajpai, 2015). Medium air limbah dapat diolah secara biologis oleh mikroalga sekaligus memberikan masukan nutrisi untuk pertumbuhannya (Kawaroe, 2010). *Chlorella* sp. termasuk salah satu kelompok alga hijau yang paling banyak jumlahnya diantara alga hijau lainnya (Pipit P. dan Diah, 2008). *Chlorella* sp.

memiliki efisiensi fotosintesis dan kapasitas penyisihan lebih tinggi dibanding alga lain (Liu dkk., 2012), tetapi karena ukuran yang mikroskopis dan sulit dilakukan pemisahan sel dengan medium air limbah maka dilakukan metode immobilisasi sel.

Immobilisasi merupakan metode untuk mengikat sel ke dalam suatu matriks pendukung untuk meningkatkan stabilitasnya dengan syarat aktivitas dari sel tersebut masih tetap ada dan dapat digunakan secara kontinu. Sel yang diimmobilisasi dapat mempertahankan aktivitas respirasi, fotosintesis, dan proses metabolisme seperti halnya alga dalam keadaan normal (Chen, 2001). Alginat merupakan polimer dari asam  $\beta$ -manuronat dan asam  $\alpha$ -L-glukoronat. Alginat merupakan polisakarida yang dibentuk dari alga. Alginat dapat menjadi bentuk gel jika bertemu dengan ion kalsium (Sengupta Desgupta, 2006). Pada penelitian ini dilakukan immobilisasi dengan kalsium alginat. Keadaan immobilisasi menggunakan alginat yang transparan tidak menghalangi penetrasi cahaya ke dalam sel alga sehingga proses fotosintesisnya tidak terhambat (Becker, 1994).

Fotobioreaktor merupakan salah satu sistem untuk mengontrol kondisi kultur dan menghindari kontaminasi. Berbagai macam bentuk fotobioreaktor telah dikembangkan untuk mengoptimalkan pertumbuhan mikroalga, salah satunya yaitu *flat*-fotobioreaktor (Posten, 2009). *Flat*-fotobioreaktor memiliki luas area peninaran yang besar sehingga sel mampu menerima cahaya lebih baik (Brennan and Owende, 2010).

Oleh karena itu dalam penelitian ini dipilih pengolahan alternatif dengan menggunakan mikroalga *Chlorella* sp. yang diimmobilisasi dengan kalsium alginat didalam *flat*-fotobioreaktor dengan variabel bebas yang digunakan yaitu konsentrasi limbah, sumber cahaya, dan waktu kontak 0,1,3,5,7 (hari) untuk menyisihkan kandungan parameter TSS

pada limbah cair sawit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi penyisihan TSS tertinggi dari konsentrasi limbah dan sumber cahaya yang berbeda, dan waktu kontak terbaik selama proses pengolahan.

## 2. ALAT, BAHAN DAN PROSEDUR

### 2.1 ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *flat*-fotobioreaktor kaca dengan dimensi 20 cm x 7 cm x 25 cm. Bak penampung influen dan efluen. Lampu LED *white-flourescent* dengan intensitas  $5000 \pm 300$  lux, *chamber* cahaya berukuran 1,2m x 0,5m x 0,5m. Selang dan batu aerasi, aerator dengan debit udara 3 L/menit, mikroskop dan *thomasitometer*, *hand counter*, *sentrifuge*, jar test, pompa peristaltik, pipet tetes, corong, erlenmeyer, gelas ukur, timbangan analitik, oven, desikator, kertas saring Whatman No. 42.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair sawit sebagai medium. Mikroalga *Chlorella* sp., *Dahril solution* yang digunakan sebagai nutrien selama kultivasi, aquades. Bahan kimia untuk immobilisasi yaitu natrium alginat, larutan  $\text{CaCl}_2$  0,5 M, natrium klorida 0,85%, dan sodium sitrat 0,2 M untuk melarutkan *bead*.

### 2.2 PROSEDUR PENELITIAN

#### 2.2.1 LIMBAH CAIR SAWIT

Secara *grab sample*, limbah cair sawit dikumpulkan dari kolam IV (empat) PT. PN V Sei Pagar yang disaring terlebih dahulu untuk menyisihkan partikel-partikel besar dan kasar. Untuk melihat pengaruh limbah cair terhadap pertumbuhan mikroalga, maka dilakukan pengenceran air limbah dengan aquades untuk mendapatkan konsentrasi yang diinginkan (50%, 75%, dan 100%) dan dilakukan uji TSS limbah cair sawit dengan standar uji SNI 06-989.3:2004.

#### 2.2.2 KULTURISASI *Chlorella* sp.

Kulturisasi *Chlorella* sp. Dilakukan

untuk kebutuhan bahan baku. Kultivasi *Chlorella* sp. dapat disebut juga dengan kultivasi yang bertujuan untuk memperbanyak jumlah sel mikroalga dan menambahkan Dahril *solution*. Kultivasi dilakukan di Pusat Penelitian Alga Universitas Riau. Jumlah sel *Chlorella* sp. dihitung setiap 24 jam menggunakan *thomasitometer* dibawah mikroskop. Jumlah sel dihitung setiap kotak dibantu dengan alat *hand counter*.

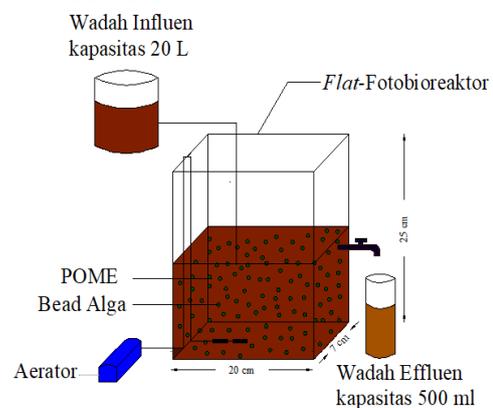
### 2.2.3 PEMBUATAN SUSPENSI ALGA *Chlorella* sp. TERIMOBILISASI ALGINAT

Bibit *Chlorella* sp. yang telah dikultur hingga fase eksponensial dilakukan pemanenan, kemudian dilakukan pemisahan sel alga dari medium kultur dengan menggunakan *sentrifuge*. Residu sel alga disuspensikan dengan aquades sehingga didapatkan suspensi alga terkonsentrasi dengan densitas sel alga sebelum diimmobilisasi yaitu  $3,4 \times 10^8$  sel  $\text{mL}^{-1}$ . Suspensi sel alga *Chlorella* sp. diimmobilisasi dengan matrik alginat. *Bead* alga dibuat dengan menggabungkan suspensi sel alga dengan 4% natrium alginat (rasio 1:1). Campuran sel alga *Chlorella* sp. dan alginat diaduk secara homogen. Alga alginat kemudian dipompa melalui pompa peristaltik dan diteteskan ke dalam larutan  $\text{CaCl}_2$  0,5 M untuk membentuk *bead* alga yang seragam ( $d = 4$  mm). *Bead* alga didalam  $\text{CaCl}_2$  didiamkan selama 12 jam agar *bead* mengeras. *Bead* yang telah terbentuk dicuci dengan larutan  $\text{NaCl}$  0,85% diikuti dengan aquades untuk menghilangkan kelebihan Ca (Singh dkk., 2012).

### 2.2.4 PENGOPERASIAN *FLAT-FOTOBIOREAKTOR* SISTEM *BATCH*

*Flat-fotobioreaktor* kaca diisi dengan limbah cair sawit volume kerja 1,8 liter untuk masing-masing konsentrasi limbah 50%, 75%, dan 100% (v/v). Tiga buah *flat-fotobioreaktor* diletakkan pada *chamber* cahaya dengan menggunakan

sumber cahaya lampu LED *white-flourescent* dengan intensitas  $5000 \pm 300$  lux dan durasi pencahayaan 12:12 jam. Tiga buah *flat-fotobioreaktor* lainnya menggunakan sumber cahaya matahari yang dilakukan di Pusat Penelitian Alga Universitas Riau. Perlakuan kontrol tanpa penambahan *bead* alga dilakukan setelah mendapat hasil terbaik. Semua *flat-fotobioreaktor* di aerasi selama 24 jam pengolahan dengan debit 3 liter/menit bertujuan agar terjadi pengadukan sehingga nutrisi nya merata dan mencegah terjadinya pengendapan. Gambar perspektif *flat-fotobioreaktor* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perspektif Instalasi *Flat-Fotobioreaktor*

### 2.2.5 PENENTUAN PERTUMBUHAN SEL *Chlorella* sp.

Sebanyak 10 *beads* alga diambil dari masing-masing *flat-fotobioreaktor*, dan dilarutkan dalam 1 mL sodium sitrat 0,2 M untuk dihitung densitas sel *Chlorella* sp. dengan menggunakan *thomasitometer* dibawah mikroskop cahaya setiap 24 jam. Laju pertumbuhan sel alga *Chlorella* sp. dihitung dengan menggunakan persamaan (Fontoura dkk., 2017):

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

Dimana:

$X_n$  = Densitas sel alga pada hari ke n

$X_0$  = Densitas sel alga pada hari ke 0

$\Delta t$  = Hari ke n - hari ke 0

### 2.2.6 ANALISIS PENYISIHAN TSS

Penentuan konsentrasi TSS menggunakan metode secara gravimetri

dan pengambilan sampel dilakukan pada waktu 0,1,3,5,7 (hari). Penyaringan dilakukan dengan kertas saring Whatman No. 42, dan pemanasan dengan oven guna untuk mendapatkan berat kering dari proses uji berdasarkan standar pengujian SNI 06-989.3:2004. sehingga konsentrasi TSS dalam  $\text{mg.L}^{-1}$  dapat diketahui. Efisiensi penyisihan dihitung menggunakan persamaan:

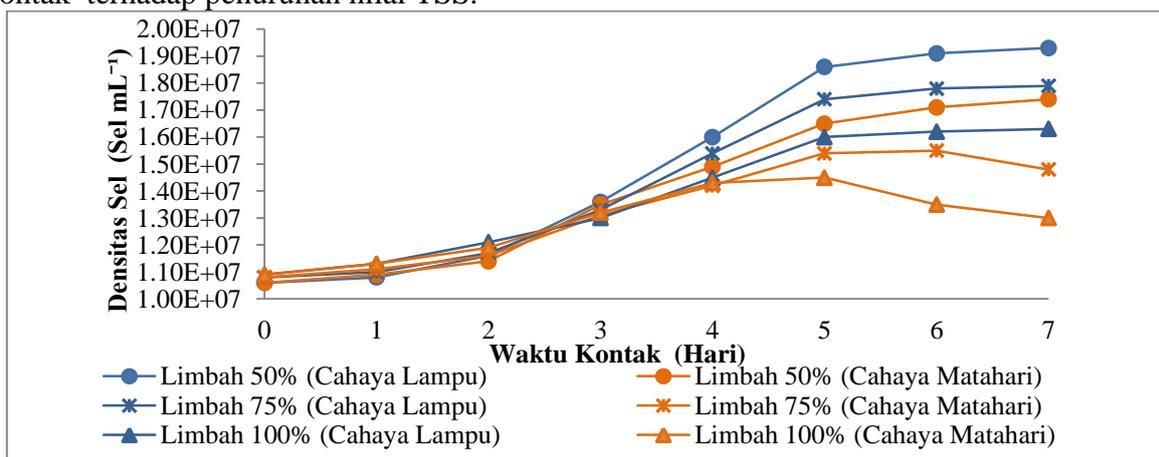
$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{C_{in} - C_{ef}}{C_{in}} \times 100\%$$

Dimana:

$C_{in}$  = Konsentrasi influen ( $\text{mg L}^{-1}$ )

$C_{ef}$  = konsentrasi efluen ( $\text{mg L}^{-1}$ )

Hasil dari perhitungan efisiensi penyisihan akan diplotkan ke grafik dengan hubungan variasi konsentrasi limbah dan sumber cahaya dengan waktu kontak terhadap penurunan nilai TSS.



Gambar 2. Grafik Pertumbuhan Densitas Sel Alga *Chlorella* sp. di dalam *Bead*

Fase lag terjadi selama dua hari ditandai dengan bertambahnya sel dalam jumlah sedikit, hal ini menandakan bahwa mikroalga *Chlorella* sp. dapat beradaptasi dengan limbah cair sawit sebagai medium pertumbuhannya. Fase eksponensial terjadi pada hari ketiga hingga hari kelima ditandai dengan terjadinya peningkatan densitas sel sehingga dapat mencapai laju pertumbuhan yang maksimum. Fase penurunan laju pertumbuhan ditandai dengan kecepatan pertumbuhan sel alga yang menurun dan tidak seintensif fase sebelumnya karena jumlah populasi mikroalga meningkat dan tidak diiringi

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 PERTUMBUHAN SEL ALGA *Chlorella* sp. SELAMA PROSES PENGOLAHAN

Menurut Hadiyanto (2013) Pertumbuhan sel alga *Chlorella* sp. ditandai dengan peningkatan densitas sel. Sel alga *Chlorella* sp. di dalam *bead* mengalami peningkatan densitas sel selama proses pengolahan. Peningkatan jumlah sel mengindikasikan bahwa *Chlorella* sp. setelah diimobilisasi mampu bertahan hidup dan melakukan pembelahan sel selama di dalam *bead* alginat (Singh dkk., 2012). Hal ini karena *bead* alginat memiliki pori lebih kecil namun dapat menyerap bahan organik karena larutan air limbah dapat tetap masuk (de-Bashan dan Bashan, 2010). Grafik pertumbuhan sel dapat dilihat pada Gambar 2.

dengan penambahan nutrisi. Fase stasioner ditandai dengan jumlah mikroalga yang hidup dan yang mati hampir sama. Fase ini terjadi mulai pada hari ke lima, sedangkan pada konsentrasi limbah 100% menggunakan sumber cahaya matahari mengalami fase stasioner lebih cepat pada hari keempat. Fase kematian ditandai dengan laju kematian lebih besar dari laju reproduksinya.

Densitas sel maksimum terjadi pada konsentrasi limbah 50% (v/v) menggunakan sumber cahaya lampu dengan densitas sel mencapai  $1,93 \times 10^7$  sel  $\text{mL}^{-1}$ . Hal ini didukung oleh penelitian

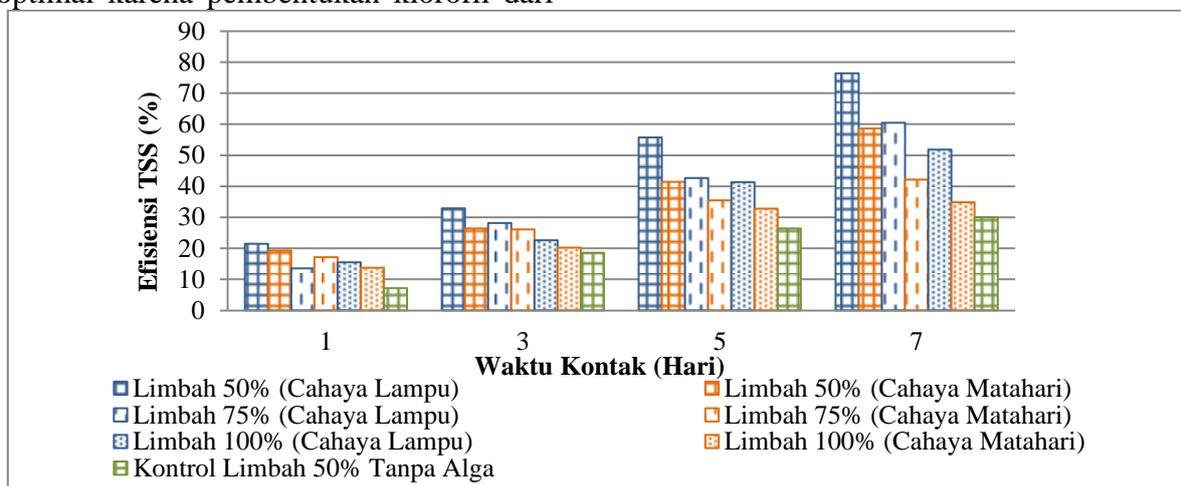
Hadiyanto (2012) bahwa mikroalga *Spirulina plantesis* pada medium POME dengan konsentrasi terendah memiliki pertumbuhan jumlah sel yang paling tinggi meskipun memiliki kandungan nutrisi yang lebih sedikit, tetapi kontaminannya lebih rendah sehingga mikroalga lebih mudah untuk tumbuh.

Pertumbuhan sel terendah terjadi pada konsentrasi limbah 100% (v/v) menggunakan sumber cahaya matahari dengan densitas sel maksimum yang diperoleh yaitu  $1,45 \times 10^7$  sel  $\text{mL}^{-1}$ . Hal ini karena cahaya yang diterima tidak konstan 12:12 jam akibat pengaruh perubahan cuaca saat proses pengolahan. Menurut Aulia dkk., (2017) pertumbuhan sel tidak optimal karena pembentukan klorofil dari

proses fotosintesis terhambat akibat cahaya yang masuk kedalam sampel terhalang oleh sampel yang lebih pekat.

### 3.2 EFISIENSI PENYISIHAN TSS

*Total Suspended Solid* (TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter  $>1 \mu\text{m}$ ) yang tertahan pada saringan *Millipore* dengan diameter pori  $0,45 \mu\text{m}$ . TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik terutama yang disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi yang terbawa ke dalam badan air. Grafik efisiensi penyisihan TSS selama proses pengolahan didalam *flat*-fotobioreaktor dengan variasi konsentrasi limbah dan sumber cahaya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Efisiensi Penyisihan TSS

Berdasarkan Gambar 3. Semakin lama waktu kontak maka efisiensi penyisihan semakin meningkat karena semakin banyak suspensi yang menempel pada permukaan *bead*. Suspensi yang menempel dapat menambah massa yang menyebabkan terjadinya pengendapan (Singh dkk., 2012). Menurut Angga dan Hendrasarie (2009) bahwa penurunan kandungan TSS karena waktu tinggal yang lebih lama yang meningkatkan suplai oksigen dalam medium secara kontinu dan berakibat pada aktivitas degradasi limbah, sehingga konsentrasi TSS semakin berkurang karena waktu yang diberikan untuk menyisihkan lebih lama.

*Flat*-fotobioreaktor pada konsentrasi limbah 50%, 75%, dan 100% (v/v)

masing-masing menggunakan sumber cahaya dari lampu dan sumber cahaya matahari mengalami penurunan konsentrasi TSS sehingga efisiensi penyisihan meningkat hingga hari ke tujuh. Hal ini karena proses metabolisme dan degradasi bahan organik dimana terjadi simbiosis alga bakteri.  $\text{CO}_2$  akan digunakan untuk membantu proses fotosintesis mikroalga. Proses fotosintesis akan menghasilkan  $\text{O}_2$ , dimana  $\text{O}_2$  dimanfaatkan bakteri untuk membantu proses dekomposisi bahan organik. Proses inilah yang dapat menurunkan kadar polutan limbah termasuk TSS (Restuhadi dkk., 2017).

Pada akhir pengolahan, dilihat dari sumber cahaya maka yang memperoleh

efisiensi terendah terjadi pada sumber cahaya matahari. Hal ini disebabkan karena terlalu banyak total solid terhadap limbah yang tanpa dilakukan pengenceran dengan aquades, sehingga kemampuan mikroalga untuk berfotosintesis juga terhambat. Total solid yang tinggi dapat menghalangi penetrasi cahaya yang masuk ke dalam air dan hal ini dapat menyebabkan terhambatnya proses fotosintesis (Hartini dkk., 2016). Pada penelitian ini, selama proses pengolahan menggunakan sumber cahaya matahari terjadi perubahan cuaca sehingga durasi cahaya yang diberikan pada mikroalga untuk fotosintesis tidak optimal karena cahaya tidak selalu konstan 12:12 jam seperti pencahayaan menggunakan sumber cahaya lampu.

Dilihat dari konsentrasi limbah maka efisiensi penyisihan TSS tertinggi terjadi pada konsentrasi limbah 50% (v/v) dengan efisiensi penyisihan sebesar 76,43% pada hari ke tujuh menggunakan sumber pencahayaan lampu. Semakin rendah konsentrasi limbah yang digunakan maka semakin kecil juga nilai TSS karena zat pengotor dan suspensi yang terdapat pada limbah lebih sedikit. Menurut Anggraini dkk., (2017) penurunan konsentrasi dan peningkatan penyisihan TSS dapat terjadi karena *bead* mikroalga *Chlorella* sp. dapat mengikat partikel suspensi dalam air limbah, karena semakin lama waktu kontak maka semakin banyak suspensi yang mengendap dan menempel pada permukaan *bead* alginat dan dasar *flat*-fotobioreaktor. Sedangkan efisiensi penyisihan terendah yaitu 30% yang terjadi pada perlakuan kontrol tanpa penambahan *bead* alga. Hal ini dikarenakan hanya bakteri pengurai yang bekerja dalam menyisihkan parameter TSS. Dengan adanya aktivitas mikroalga, maka proses penyisihan meningkat menjadi 46,43%. Hal ini karena TSS dapat mengalami pengendapan sehingga tingkat kekeruhan dapat dikurangi. Semakin rendah kadar TSS maka semakin mudah mikroalga *Chlorella* sp. memanfaatkan

cahaya dalam melakukan proses fotosintesis (Nurhayati dkk., 2013).

Penurunan konsentrasi TSS dengan konsentrasi limbah 50% (v/v) menggunakan *Chlorella* sp. yang diimmobilisasi pada sumber pencahayaan dari lampu mampu menurunkan konsentrasi TSS hingga 165 mg L<sup>-1</sup>. Menurut Angga dan Hendrasarie (2009) hal ini dikarenakan adanya perlakuan pengenceran terhadap limbah sehingga konsentrasi TSS awal dapat dibawah baku mutu limbah cair sawit, karena pada prosesnya medium lebih tembus cahaya dan penyinaran yang didapat konstan. Hal yang sama dikemukakan oleh Hartini dkk (2016) dimana tanpa adanya penambahan bahan pendegradasi penurunan kadar TSS terjadi disebabkan karena adanya faktor pengenceran.

#### 4. KESIMPULAN

Efisiensi penyisihan TSS tertinggi terjadi di dalam *flat*-fotobioreaktor yang berisi *bead* alga dengan konsentrasi limbah 50% (v/v) menggunakan sumber cahaya lampu dengan efisiensi penyisihan yang diperoleh sebesar 76,43%. Semakin konstan cahaya yang digunakan maka proses pengolahan semakin baik. Semakin rendah kadar TSS maka tingkat kekeruhan juga rendah sehingga mikroalga *Chlorella* sp. dapat memanfaatkan cahaya yang masuk untuk proses fotosintesis. Semakin lama waktu kontak maka efisiensi penyisihan semakin meningkat.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Angga dan Hendrasarie, 2009. Penyisihan Kandungan Organik Limbah Melalui Penentuan Konstanta Susbtrat dengan Menggunakan RBC. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol. 5(2)*. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Univ. Pembangunan Nasional: Jatim.
- Anggraini, Lidya., Elystia, Shinta., Muria, Sri Rezeki. 2017. Penyisihan TSS pada Air Limbah Sawit di dalam

- Flat-Fotobioreaktor Menggunakan *Chlorella* sp. yang Diimmobilisasi. *JOM FT TEKNIK. Vol 5 Edisi 1*.
- Bajpai, Pratima. 2015. Management of Pulp and Paper Mill Waste. *Springer International Publishing AG. 197 pp*.
- Becker, 1994. *Microalgae: Biotechnology and Microbiology*. New York: Cambridge University Press.
- Brennan, L. and P. Owende. 2010. Biofuels from microalgae: a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable and Sustainable Energy Review* 14: 557–577.
- Chen C, Y. 2001. Immobilized Microalgae *Scenedesmus Quadricauda* (*Chlorophyta, Chlorococcales*) for Long-Term Storage and for Application in Fish Culture Water Quality Control. *Aquaculture*, 195 (1-2: 71-80).
- De-Bashan, L. E., Bashan, Y. 2010. Immobilized Microalgae for Removing Pollutants: Review of Practical Aspects. *Bioresource Technology*. 101. 1611-1627.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2018. *Statistik Perkebunan Indonesia Kelapa Sawit Indonesia 2017-2018*. Direktorat Jenderal Perkebunan: Jakarta.
- Fontoura, Juliana T., Rolim, G, S., Farenzena, M., Gutterres, M 2017. Influence of Light Intensity and Tannery Wastewater Concentration on Biomass Production and Nutrient Removal by Microalgae *Scenedesmus* sp. *Process Safety and Environment Protection: Brazil*.
- Hadiyanto., Azim, M. 2012. *Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan*. Edisi pertama. Hal 100. Semarang: UPT UNIP Press.
- Hadiyanto. 2013. Valorisasi Mikroalga untuk Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit dan Sebagai Sumber Energi dan Pangan Alternatif. *Prosiding Rekayasa Kimia & Proses*. ISSN 1411-4216. Halaman 1-11.
- Hartini, Fitri., Restuhadi, Fajar., Dahril, Tengku. 2016. Pemanfaatan Mikroalga *Chlorella* sp. dalam Menurunkan Baku Mutu Polutan Limbah Cair Industri Sagu. *JOM FAPERTA Vol.4 (1)*.
- Hasanudin, U, R. Sugiharto, A. Haryanto, T. Setiadi, and K. Fujie. 2015. Palm Oil Mill Effluent Treatment and Utilization to Ensure The Sustainability of Palm Oil Industries. *Water Science and Technology*, 72(7):1089-95.
- Kawaroe, M. 2010. *Mikroalga Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar*. IPB Press: Bogor.
- Liu, Kai., Li, Jian., Qiao, Hongjin., Lin, Apeng., Guange, Wang. 2012. Immobilization of *Chlorella sorokiniana* GXNN 01 in Alginate for Removal of N and P from Synthetic Wastewater. *Bioresource Technology*. 114. 26-32.
- Nurhayati1, Chasri., Hamzah, Basuni., Pambayun, Rindit., 2013. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri Vol. 24(1): 16-26*.
- Posten, C. 2009. Design Principles of Photo-bioreactors for Cultivation of Microalgae. Institute of Life Science Engineering University of Karlsruhe. *Inter Science Journal, Vol.9(3): 165-177*.
- Restuhadi, F., Zalfiatri, Y., Pringgondani, DA. 2017. Pemanfaatan Simbiosis Mikroalga *Chlorella* sp. dan *Starbact* Untuk Menurunkan Kadar Polutan Limbah Cair Sagu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 11(2).
- Sengupta, S. dan Dasgupta, M. 2006. *Enzymology*.
- 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. *Journal of Bioresource Technology*. 104. Hal 257-265.

- Taha MR., Ibrahim AH. 2014. COD Removal From Anaerobically Treated Palm Oil Mill Effluent (AT-POME) Via Aerated Heterogeneous Fenton Process: Optimization study. *Journal of Water Process Engineering (1)*: 8–16.
- Wong FPS., Nandong J., Samyudia Y. 2009. Optimised Treatment of Palm Oil Mill Effluent. *International Journal of Environment and Waste Management*, 3(3/4): 265-277.