

# PENGARUH VARIASI KONSENTRASI *BEAD* ALGA *Chlorella* sp. DALAM *FLAT*-FOTOBIOREAKTOR UNTUK MENYISIHKAN NUTRIEN PADA *PALM OIL MILL EFFLUENT* (POME)

Shinta Elystia<sup>1</sup>, Indah Darmayanti<sup>1</sup> dan Sri Rezeki Muria<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293

E-mail : shintaelystia@yahoo.com, indahdarmayanti@gmail.com, sri\_muria@yahoo.co.id

## ABSTRAK

Mikroalga *Chlorella* sp. memanfaatkan nutrisi yang terdapat di dalam POME sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhannya. Pada penelitian ini dilakukan penyisihan nutrisi yaitu kandungan COD dan Nitrogen Total dengan memanfaatkan POME sebagai medium kultivasi di dalam *flat*-fotobioreaktor. Imobilisasi sel dilakukan untuk membentuk *beads* dikarenakan sel *Chlorella* sp. yang mikroskopis, berat jenis rendah, dan sulit dipisahkan dari medium. Untuk mendapatkan efisiensi penyisihan terbaik dilakukan variasi konsentrasi *bead* alga di dalam *flat*-fotobioreaktor sebesar 6, 8, 10, 12, dan 14 *beads*/mL air limbah serta waktu kontak 0, 1, 3, 5, dan 7 hari. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penyisihan COD dan Nitrogen Total terbaik terdapat pada *flat*-fotobioreaktor dengan konsentrasi *bead* alga sebesar 12 *beads*/mL air limbah pada hari ketujuh sebesar 77,8 % dan 83,5 %.

Kata Kunci : *Chlorella* sp, Kosentrasi *bead* alga, Nutrien POME, Imobilisasi

## ABSTRACT

*Chlorella* sp. is able to utilize organic material contained in POME as a nutrition source for its growth. In this study the removal of COD and Total Nitrogen was carried out by using POME as a cultivation medium in flat-photobioreactors. Cell immobilization is done to form beads due to *Chlorella* sp. has a microscopic cell, low density, and difficult to separate from the medium. To obtain the best allowance efficiency, the concentration of algal bead in the flat-photobioreactor was varied by 6, 8, 10, 12, and 14 beads / mL of wastewater and contact times of 0, 1, 3, 5, and 7 days. The results showed that the best efficiency of COD and Total Nitrogen removal was found in flat-photobioreactors with concentrations of algal bead of 12 beads/ mL of wastewater on the seventh day at 77.8% and 83.5%.

Keywords : *Chlorella* sp, bead alga concentration, Nutrient of POME, Immobilization

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu provinsi yang memiliki perkebunan kelapa sawit dan penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Hingga tahun 2017 luas perkebunan sawit Indonesia mencapai 12,3 juta Ha dengan total produksi minyak sawit sebesar 35 juta ton (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2018). Peningkatan produksi minyak sawit dari tahun ke tahun menyebabkan peningkatan limbah yang

dihasilkan. Salah satunya adalah limbah cair sawit (POME) yang mengandung polutan yang tinggi.

POME mengandung karbon organik dengan nilai COD lebih dari 40 g/L dan Nitrogen Total sebesar 0,2-0,5 g/L (Hadyanto, 2013). POME berkontribusi dalam peningkatan pemanasan global yang disebabkan oleh gas metan yang dihasilkan dari pengolahan limbah cair sawit menggunakan kolam-kolam terbuka.

Bahan-bahan organik yang terdapat di dalam POME dapat dimanfaatkan oleh mikroalga *Chlorella* sp. sebagai sumber nutrisi dalam proses fotosintesis (Elystia dkk, 2018). Pengolahan POME menggunakan mikroalga dapat mengurangi polutan pada POME dan menghasilkan biomassa dalam jumlah yang besar (Woertz, 2007). Pada penelitian ini, pengolahan POME dilakukan di dalam flat-fotobioreaktor. Biomassa *Chlorella* sp. yang dihasilkan dari proses pengolahan POME dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku pangan dan energi (Hadyanto, 2013).

Pemisahan biomassa dari medium POME sulit untuk dilakukan dikarenakan *Chlorella* sp. memiliki ukuran yang mikroskopis dan berat jenis yang rendah sehingga mudah terbawa air limbah. Teknologi imobilisasi alga menggunakan kalsium alginat dilakukan dalam penelitian ini untuk membentuk *bead* alga dan memudahkan dalam pemisahan dari medium POME.

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan efisiensi penyisihan COD dan Nitrogen Total tertinggi serta mengetahui pertumbuhan sel *Chlorella* sp. di dalam *bead* alginat. Perlakuan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah variasi konsentrasi *bead* alga di dalam air limbah (POME) sebesar 6, 8, 10, 12, dan 14 *beads*/mL air limbah serta variasi waktu kontak 0, 1, 3, 5, dan 7 hari.

## METODOLGI

### ALAT DAN BAHAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa flat-fotobioreaktor, *chamber* cahaya, lampu LED *white-fluorescent*, pompa peristaltik, *thomacytometer*, dan mikroskop. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa mikroalga *Chlorella* sp., limbah cair sawit (POME) yang berasal dari PTPN V Sei Pagar, Natrium Alginat, Kalsium Klorida 0,5 M, Natrium Klorida 0,85 %, Sodium Sitrata 0,1 M, aquades

### PREPARASI SAMPEL AIR LIMBAH

Dalam penelitian ini limbah cair sawit yang digunakan berasal dari Kolam Maturasi PTPN V Sei Pagar. *Sampling* air limbah dilakukan secara *grab sample*. Kemudian dilakukan penyaringan untuk memisahkan air limbah dari partikel-partikel besar seperti kayu dan kerikil yang dapat merusak struktur *bead* alga. Kemudian dilanjutkan dengan uji kandungan COD dan Nitrogen Total awal.

### KULTIVASI SEL *Chlorella* sp.

Kultivasi sel alga *Chlorella* sp. dilakukan di dalam medium *Dahril Solution* selama 10 hari di Pusat Penelitian Alga Universitas Riau. Sel *Chlorella* sp. kemudian dipisahkan dari medium dengan cara sentrifugasi dengan kecepatan 4000 g *force*. Jumlah sel alga kemudian dihitung dengan menggunakan *thomacytometer*.

### IMOBILISASI SEL ALGA *Chlorella* sp.

Residu sel *Chlorella* sp. yang telah dipisahkan dari medium *Dahril Solution* disuspensikan ke dalam aquades dan dihomogenkan dengan cara pengadukan. Suspensi sel alga *Chlorella* sp. dicampurkan ke dalam polimer Natrium Alginat 4% (w/v) dengan perbandingan sebesar 1:1. Sehingga terbentuk larutan alga alginat dengan konsentrasi sebesar 2%.

Kemudian larutan alga alginat diteteskan dengan ke dalam larutan Kalsium Klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) 0,5 M. Menggunakan pompa peristaltik dan kemudian akan membentuk *bead* alga dengan ukuran 4 mm. *Bead* alga yang terbentuk dibiarkan di dalam larutan  $\text{CaCl}_2$  selama 12 jam pada suhu 4°C hingga *bead* mengeras. Setelah 12 jam, *bead* alga dibilas dengan menggunakan larutan NaCl 0,85% dan dibilas lagi menggunakan aquades.

Dalam penelitian ini, *bead* alga yang dibuat sesuai dengan variasi konsentrasi *bead* alga yang digunakan yakni sebesar 6, 8, 10, 12, dan 14 *beads*/mL air limbah. Perbandingan konsentrasi *bead* alga dapat dilihat pada Gambar 1.



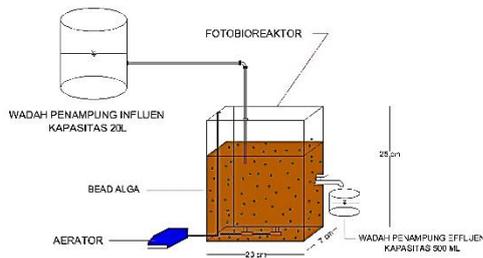
**Gambar 1. Perbandingan Konsentrasi *Bead* Alga *Chlorella* sp.**

Dalam penelitian ini kontrol yang digunakan berupa *bead* kosong (*blank bead*) yang tidak menggunakan mikroalga *Chlorella* sp.

### FLAT-FOTOBIOREAKTOR

Flat-fotobioreaktor yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari kaca berukuran 20 cm x 7 cm x 25 cm dengan volume efektif sebesar 3,5 L. Flat-fotobioreaktor dilengkapi dengan saluran inlet untuk memasukkan medium POME dan

dilengkapi dengan aerator dengan debit 3 L/menit. Serta dilengkapi dengan saluran outlet untuk sampling air limbah. Perspektif *flat*-fotobioreaktor dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. Perspektif Flat-Fotobioreaktor**

Dalam penelitian ini digunakan 5 buah *flat*-fotobioreaktor yang diletakkan di dalam *chamber* cahaya yang dilengkapi dengan lampu LED *white-fluorescent* 5000±300 lux. 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.

## PENELITIAN UTAMA

Masing-masing *flat*-fotobioreaktor diisi dengan 1,8 L medium POME dan *bead* alga *Chlorella* sp. dengan variasi yang telah ditentukan yakni sebesar 6, 8, 10, 12, dan 14 *beads*/mL air limbah. Kemudian seluruh *flat*-fotobioreaktor diberikan pengadukan dengan menggunakan aerator dengan debit 3 L/menit dan diberikan pencahayaan sebesar 5000±300 lux dengan periode Terang : Gelap selama 12 : 12 jam. Kemudian dilakukan perlakuan kontrol dengan menggunakan variasi konsentrasi *bead* alga terbaik.

Densitas sel alga di dalam *bead* dihitung selama proses pengolahan berlangsung menggunakan *thomacytometer*. *Bead* alga diambil dari masing-masing *flat*-fotobioreaktor kemudian dilarutkan menggunakan sodium sitrat hingga *bead* melarut. Perhitungan densitas sel untuk mengetahui pertumbuhan sel *Chlorella* sp. di dalam *bead* dilakukan di bawah mikroskop menggunakan *thomacytometer*. Laju pertumbuhan sel dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:  
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 limbah cair sawit (POME) di dalam *flat*-fotobioreaktor dilakukan selama 7 hari. Untuk mengetahui konsentrasi COD dan Nitrogen Total dilakukan pengujian 0, 1, 3, 5, dan 7. Kemudian efisiensi penyisihan dihitung 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)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Awal Sampel Limbah Cair Sawit

Limbah cair sawit yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair sawit yang berasal dari kolam IV PTPN X Kota Pekanbaru. Adapun karakteristik awal sampel limbah cair sawit yang meliputi parameter COD, Nitrogen Total, dan TSS dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1. Karakteristik Awal Sampel Limbah Cair Sawit**

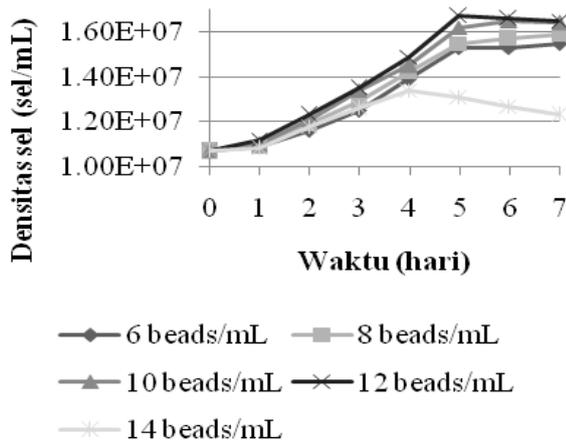
Parameter	Hasil Uji (mg/L)
COD	2880
Nitrogen Total	805

Berdasarkan hasil uji parameter COD, Nitrogen Total, dan TSS limbah cair sawit yang telah dilakukan masih di atas baku mutu yang telah ditetapkan yaitu Permen LH RI No. 5 Thn 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Industri Minyak Sawit (mg/L). Baku mutu COD sebesar 350 mg/L dan Nitrogen Total 50 mg/L Oleh karena itu dilakukan pengolahan lebih lanjut sehingga sebagian limbah cair sawit dapat dialirkan ke badan air dan dapat mengurangi jumlah kolam dan beban pengolahan serta dapat memenuhi baku mutu air limbah sehingga tidak mencemari badan air apabila limbah cair sawit dibuang ke perairan bebas.

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

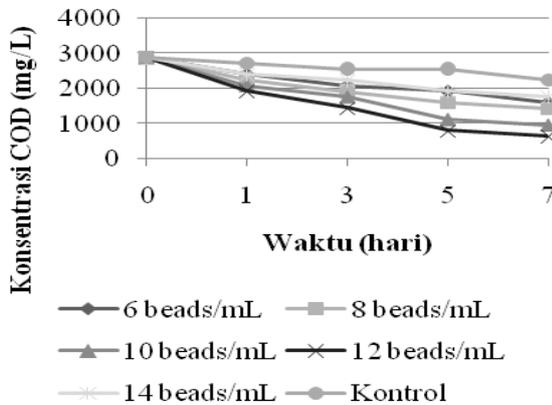
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, pertumbuhan sel alga *Chlorella* sp. yang diimobilisasi dalam setiap perlakuan konsentrasi *bead* alga mengalami peningkatan jumlah sel yang menandakan *Chlorella* sp yang diimobilisasi mampu memanfaatkan bahan-bahan organik yang

terdapat di dalam medium limbah cair sawit dan mampu melakukan pembelahan sel dan bertahan hidup. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Singh (2012) dimana, sel alga *Chlorella* yang diimobilisasi masih mampu melakukan pembelahan sel dan melakukan fotosintesis. Dalam pertumbuhan sel pada penelitian ini, mikroalga *Chlorella* sp. melalui beberapa fase pertumbuhan yakni fase adaptasi (fase lag), fase eksponensial, fase penurunan laju pertumbuhan, dan fase stasioner. Pertumbuhan sel *Chlorella* sp. di dalam *bead* alga pada setiap *flat*-fotobioreaktor dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pertumbuhan sel *Chlorella* sp. di dalam *bead* selama pengolahan

Mikroalga *Chlorella* sp. mengalami fase lag pada hari pertama dan kedua. Pada fase ini, sel alga *Chlorella* sp. Dalam *bead* mulai menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan di dalam *flat*-fotobioreaktor seperti suhu, nutrisi, pH, dan cahaya. Setelah fase lag, sel-sel *Chlorella* sp. Memasuki fase eksponensial yang berlangsung pada hari ketiga sampai dengan hari ketujuh. *Flat*-fotobioreaktor yang memiliki densitas sel tertinggi adalah *flat*-fotobioreaktor dengan



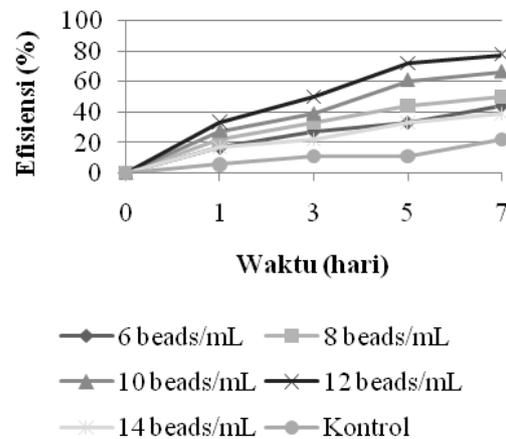
(a)

konsentrasi *bead* alga 12 *beads*/mL air limbah yakni sebesar  $1,67 \times 10^7$  sel/mL pada hari kelima. Hal ini dikarenakan konsentrasi *bead* alga dan nutrisi dalam media kultur pada kondisi yang seimbang sehingga, metabolisme pertumbuhan sel berjalan dengan baik.

Sel alga mengalami fase stasioner ditandai dengan terjadinya penurunan laju pertumbuhan. Ketersediaan nutrisi di dalam *flat*-fotobioreaktor yang setiap hari menurun selama masa penyisihan menjadi salah satu faktor penyebab pertumbuhan mikroalga memasuki fase stasioner dimana laju pertumbuhan sel seimbang dengan laju kematian sel (Prayitno, 2015). Pada *flat*-fotobioreaktor dengan konsentrasi *bead* alga 10 dan 12 *beads*/mL air limbah, fase stasioner terjadi pada hari keenam. Sedangkan pada *flat*-fotobioreaktor dengan konsentrasi *bead* alga sebesar 14 *beads*/mL air limbah fase stasioner terjadi pada hari kelima.

### EFISIENSI PENYISIHAN COD

Kadar bahan organik yang terkandung dalam POME dapat diukur dari nilai COD. Cheirslip, dkk (2017) mengatakan bahwa sumber karbon organik dalam limbah juga dapat dihilangkan oleh mikroalga melalui metabolisme mikсотrofik dimana sel alga memanfaatkan karbon organik pada limbah dan cahaya sebagai sumber energi dalam pertumbuhan alga, sehingga dalam hal ini berkontribusi pada pengurangan nilai COD. Pada Gambar 4, dapat dilihat grafik nilai konsentrasi COD dan efisiensi penyisihan COD pada limbah cair sawit (POME) untuk setiap perlakuan yang diplotkan terhadap waktu pengolahan.



(b)

Gambar 4. (a) Grafik Nilai Konsentrasi COD (b) Efisiensi Penyisihan COD

Pada Gambar 4 menunjukkan konsentrasi COD dan efisiensi penyisihan COD pada tiap *flat*-fotobioreaktor. Efisiensi penyisihan COD tertinggi terdapat pada *flat*-fotobioreaktor dengan konsentrasi *bead* alga sebesar 12 *beads*/mL air limbah dengan konsentrasi COD pada akhir pengolahan sebesar 640 mg/L dan efisiensi penyisihan sebesar 77,8 %.

Nilai COD akan meningkat seiring dengan meningkatnya bahan organik di perairan. Cheirslip, dkk (2017) mengatakan bahwa sumber karbon organik dalam limbah juga dapat dihilangkan oleh mikroalga melalui metabolisme mikсотrofik dimana sel alga memanfaatkan karbon organik pada limbah dan cahaya sebagai sumber energi dalam pertumbuhan alga, sehingga dalam hal ini berkontribusi pada pengurangan nilai COD.

Proses asimilasi karbon organik dalam medium limbah oleh mikroalga *Chlorella* sp. terjadi selama respirasi seluler. Senyawa organik digunakan sebagai donor elektron, sementara oksigen dikonsumsi sebagai akseptor elektron terakhir. Respirasi ini memiliki dua fungsi utama yakni penyedia energi eksklusif untuk perawatan dan biosintesis dalam kondisi gelap. Dalam pertumbuhan *mixotrophic* ini, sel akan menggunakan sumber karbon anorganik (CO<sub>2</sub>) dan karbon organik yang berasal dari medium limbah secara bergantian (Elystia dkk, 2018).

Menurut Tam dan Wong (2000) pengurangan nilai COD dari air limbah dapat disebabkan oleh absorpsi bahan organik ke dalam gel alginat. Hal ini didukung dengan adanya pengadukan secara aerasi yang menyebabkan pengadukan *bead* alga pada *flat*-fotobioreaktor terjadi secara merata. Pengadukan yang merata ini menyebabkan kontak antara *bead* alga dan air limbah berlangsung dengan baik sehingga penyerapan bahan organik ke dalam *bead* berlangsung dengan baik.

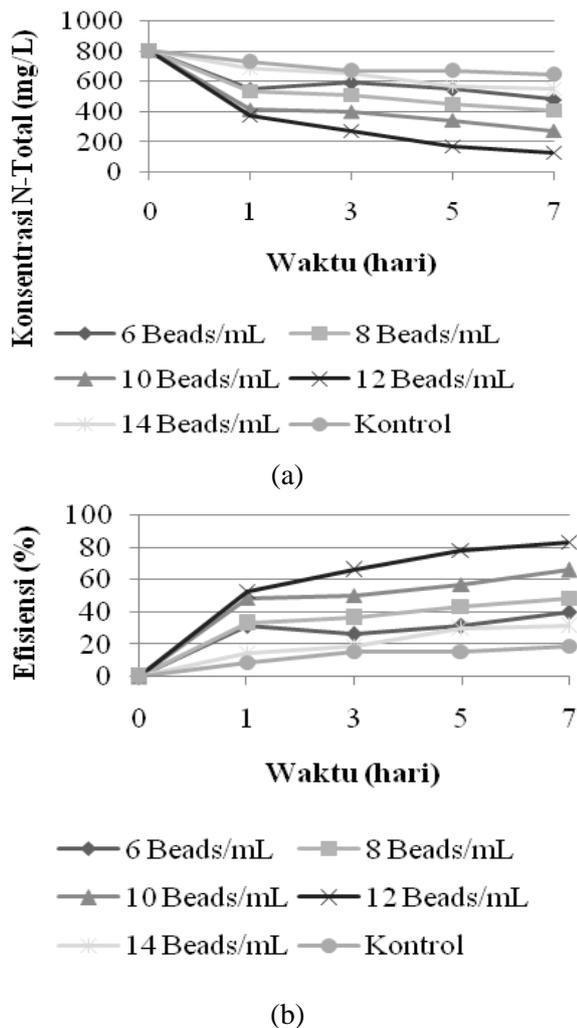
Semakin besar atau semakin banyak jumlah mikroalga yang tumbuh dengan cara membelah diri, maka kandungan COD yang turun pun semakin banyak. Hal ini dikarenakan sel-sel mikroalga tumbuh dengan memanfaatkan zat-zat organik sebagai nutrien untuk pertumbuhannya. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan dimana densitas sel tertinggi terdapat pada *flat*-fotobioreaktor dengan konsentrasi *bead* alga sebesar 12 *beads*/mL air limbah yakni sebesar  $1,67 \times 10^7$  sel/mL.

Peningkatan konsentrasi *bead* alga di dalam *flat*-fotobioreaktor hingga batas optimum sebanding dengan penurunan konsentrasi COD pada limbah cair sawit. *Flat*-fotobioreaktor dengan konsentrasi *bead* alga 14 *beads*/mL air limbah hanya mampu menyisihkan COD sebesar 38,9 % dengan konsentrasi COD sebesar 1760 mg/L. Hal ini dikarenakan konsentrasi *bead* alga yang terlalu tinggi di dalam *flat*-fotobioreaktor menyebabkan warna pada medium air limbah menjadi sangat gelap sehingga berkurangnya penetrasi cahaya ke dalam *flat*-fotobioreaktor menyebabkan mikroalga di dalam *bead* alga tidak dapat melakukan metabolisme sel secara efektif dan memicu efek *self-shading*. Hal ini secara tidak langsung mempengaruhi kemampuan sel untuk melakukan fotosintesis (Muchammad dkk, 2013). Pada perlakuan kontrol *bead* kosong dengan konsentrasi *bead* alga sebesar 12 *beads*/mL air limbah efisiensi penyisihan COD pada akhir pengolahan hanya mencapai 22,2 % dengan konsentrasi COD sebesar 2240 mg/L. Penurunan konsentrasi COD pada perlakuan kontrol *bead* kosong dikarenakan adanya gugus fungsi karboksil pada alginat yang hanya dapat mengikat bahan organik (Singh dkk, 2012). Selain itu, bahan organik dalam air limbah dapat dikurangi karena penguraian oleh bakteri alami yang terdapat di dalam medium limbah cair sawit.

## EFISIENSI PENYISIHAN NITROGEN TOTAL

Nitrogen pada air limbah terdapat dalam bentuk amonia, nitrogen organik, dan nitrat. Nitrogen merupakan elemen yang penting untuk pertumbuhan mikroalga yang bisadiperoleh dari berbagai air limbah. Nitrogen adalah bagian integral dari makromolekul biologis termasuk protein, peptida, enzim, fragmen transfer energi (ATP / ADP), klorofil, dan konstituen genetik (DNA / RNA). Pada Gambar 5 dapat dilihat grafik nilai konsentrasi Nitrogen Total dan efisiensi penyisihan Nitrogen Total pada limbah cair sawit (POME) untuk setiap perlakuan yang diplotkan terhadap waktu pengolahan.

Penurunan konsentrasi Nitrogen Total terbaik terdapat pada *flat*-fotobioreaktor dengan konsentrasi *bead* alga sebesar 12 *beads*/mL air limbah dengan efisiensi penyisihan sebesar 83,5 % dan konsentrasi Nitrogen Total sebesar 133 mg/L pada hari ketujuh.



Gambar 5. (a) Grafik Nilai Konsentrasi N-Total (b) Efisiensi Penyisihan N-Total

Penurunan konsentrasi nitrogen secara biologis dari air limbah dapat terjadi dengan cara oksidasi amonium menjadi nitrat, nitrit, dan  $\text{NO}_3^-$  akhirnya membentuk nitrogen gas menguap ke atmosfer. Beberapa penelitian telah mendukung bahwa populasi alga dapat merangsang nitrifikasi bakteri dengan meningkatkan ketersediaan oksigen ke bakteri melalui fotosintesis.

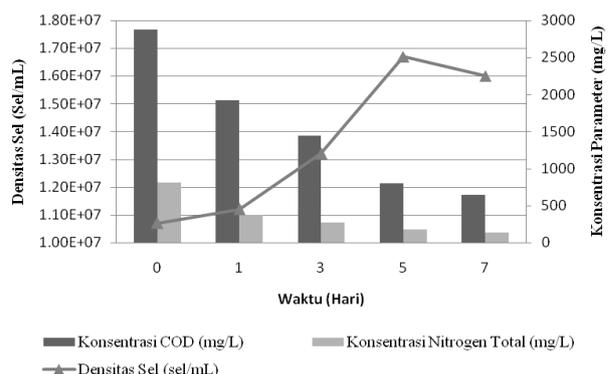
Sel alga yang diimobilisasi dapat lebih efisien menyerap nutrisi daripada sel alga yang tersuspensi. Penjeratan sel alga dalam matriks dapat memicu interaksi yang dapat meningkatkan serapan hara oleh alga. Matriks alginat memiliki gugus anionik (seperti gugus karboksil) yang menciptakan interaksi ion dengan ion amonium, dan dengan demikian memfasilitasi pengambilan nitrogen dalam sistem sel terimobilisasi (Lau dan Tam, 1997).

Pada *flat*-fotobioreaktor dengan konsentrasi *bead* alga sebesar 6 dan 8 *beads*/mL air limbah, konsentrasi Nitrogen Total pada hari ke tujuh menunjukkan nilai yang masih tinggi dan densitas sel alga masih menunjukkan fase eksponensial hingga hari ketujuh. Hal ini menunjukkan bahwa nilai Nitrogen Total yang masih tinggi mengindikasikan bahwa nutrisi yang tersedia masih cukup banyak sehingga apabila dilakukan penambahan waktu kontak nilai Nitrogen Total dapat menurun dikarenakan nutrisi yang diserap oleh mikroalga berkurang seiring dengan bertambahnya waktu kontak.

Wijaya (2006), mengatakan bahwa nitrogen dalam nitrat merupakan salah satu makronutrien yang sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produktifitas biomassa alga karena dibutuhkan untuk pembentuk protein, lemak dan klorofil. Singh, dkk (2012) menyatakan bahwa sel *Chlorella* lebih dahulu akan menyerap nitrogen dalam bentuk amonium hingga turun pada batas tertentu dan kemudian akan menyerap nitrat. Hal ini karena dalam penyerapan amonium energi yang digunakan lebih kecil dari pada nitrat.

Pada perlakuan kontrol *bead* kosong dengan konsentrasi *bead* di dalam *flat*-fotobioreaktor sebesar 12 *beads*/mL air limbah hanya mampu menyisihkan Nitrogen Total sebesar 19,1 % dengan konsentrasi Nitrogen Total sebesar 651 mg/L pada akhir pengolahan.

### Kondisi Optimum



Gambar 5. Grafik Hubungan Densitas Sel dan Konsentrasi Parameter Penyisihan Terhadap Waktu

Pada penelitian ini, *flat*-fotobioreaktor dengan konsentrasi *bead* alga sebesar 12 *beads*/mL air limbah menunjukkan pertumbuhan sel terbaik serta penurunan konsentrasi COD, Nitrogen Total, dan TSS terbaik. Grafik hubungan antara densitas sel dan penurunan konsentrasi parameter

penyisihan terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 5.

Berdasarkan gambar Pada Gambar 5 dapat dilihat grafik hubungan antara densitas sel mikroalga *Chlorella* sp. dan penurunan konsentrasi COD, Nitrogen Total selama penyisihan. Penurunan konsentrasi COD, Nitrogen Total, sebanding dengan peningkatan densitas sel mikroalga *Chlorella* sp. hingga fase eksponensial pada hari kelima dengan konsentrasi COD dan Nitrogen Total menurun pada hari kelima berturut-turut sebesar 800 mg/L, 175 mg/L. Meskipun pada akhir pengolahan yakni pada hari ketujuh densitas sel mengalami penurunan, konsentrasi COD tetap mengalami penurunan meskipun tidak sebesar penurunan konsentrasi hingga hari kelima. Konsentrasi COD dan Nitrogen Total pada akhir pengolahan yakni hari ketujuh berturut-turut sebesar 640 mg/L, 133 mg/L, dan 290 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi COD, Nitrogen Total menurun seiring dengan bertambahnya waktu kontak.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan telah diperoleh konsentrasi *bead* alga terbaik untuk menurunkan konsentrasi COD, Nitrogen Total, dan TSS yakni dengan konsentrasi *bead* alga sebesar 12 *beads*/mL air limbah hingga akhir pengolahan namun untuk parameter COD dan Nitrogen Total belum memenuhi baku mutu lingkungan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, efisiensi penyisihan COD dan Nitrogen Total terbaik dan pertumbuhan sel alga di dalam *bead* terbaik terdapat pada *flat*-fotobioreaktor dengankonsentras*ibead* alga sebesar 12 *beads*/mL air limbah dengan efisiensi penyisihan berturut-turut sebesar 77,8 % dan 83,5 % pada hari ketujuh. Hal ini menunjukkan semakin tinggi konsentrasi *bead* alga hinggabatas optimum dan semakin lama waktukontak, maka efisiensi penyisihan COD dan Nitrogen Total semakin meningkat.

## DAFTAR PUSTAKA

Cheirsilp, B., Thawechai, T., Prasertsan, P. 2017. Immobilized Oleaginous Microalgae for Production of Lipid and Phytoremediation of Secondary Effluent from Palm Oil Mill in Fluidized Bed Photobioreactor. *Bioresource Technology*. 241, pp. 787-794.

- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2018. *Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017 Perkebunan Sawit*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Elystia, S., Muria, R.S., Anggraini, L. 2018. Removal of COD and Total Nitrogen from Palm Oil Mill Effluent in Flat-Photobioreactor Using Immobilised Microalgae *Chlorella* sp. *Food Research*. 3 (2) : 126-130.
- Hadiyanto. 2013. Valorisasi Mikroalga untuk Pengolahan Limbah Cair Sawit dan Sebagai Sumber Energi dan Pangan Alternatif. *Prosiding Rekayasa Kimia & Proses*. 1-11.
- Lau, P. S., Tam, N. F. Y. 1997. Wastewater nutrient (N and P) removal by carrageenan and alginate immobilized *Chlorella vulgaris*. *Environ Tecnology*. 18 : 945-951.
- Muchammad, A., Kardena, E., Rinanti A. 2013. Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Penyerapan Gas Karbondioksida oleh Mikroalga Tropis *Ankistrodesmus* sp. dalam Fotobioreaktor. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 19 (2) : 103-116.
- Prayitno, Joko. 2015. Pola Pertumbuhan dan Pemanenan Biomasa Dalam Fotobioreaktor Mikroalga Untuk Penangkapan Karbon. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 1 : 45-52.
- 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.
- Tam, N.F.Y. and Y.S. Wong. 2000. Effect of Immobilized Microalgal Bead Concentration on Wastewater Nutrient Removal . *Bioresource Technology Journal*. 107 : 145-151.
- Wijaya, S. A. 2006. Pengaruh Pemberian Konsentrasi Urea yang Berbeda terhadap Pertumbuhan *Nannochloropsis oculata*. *Skripsi*. Prgram Studi Budidaya Perairan Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Surabaya.
- 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.