

**PENYISIHAN KANDUNGAN NITROGEN TOTAL PADA POME MENGGUNAKAN *Chlorella* sp. DALAM FLAT-PHOTOBIOREACTOR DENGAN PENAMBAHAN KOMBINASI KONSENTRASI TEMBAGA (Cu) DAN SENG (Zn)**

**Oleh:**

**Shindi Unada<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 : [shindiu03@gmail.com](mailto:shindiu03@gmail.com)

**ABSTRACT**

*Palm oil mill effluent containing pollutants and has high content of organic matter. Organic material contained in palm oil mill effluent can be used as nutrition by microalgae *Chlorella* sp. and can reduce Total Nitrogen content in palm oil mill effluent. The nitrogen total removal process was carried out in a flat-photobioreactor with various concentrations of combinade Cu and Zn in the amount Cu are 0,1; 0,5; and 1,0 mg/L and Zn are 0,5 and 1,0 mg/L with contact times of 7 days. The results showed that at a combination of 1,0 mg/L Cu + 1,0 mg/L Zn, the highest microalgae cell growth was  $4,86 \times 10^6$  cell/ml and the highest removal efficiency of organic matter of total nitrogen is 89,5% on the seventh day.*

**Keywords:** *Chlorella* sp., Cu, Zn, Total Nitrogen, flat-photobioreactor.

**1. PENDAHULUAN**

POME mengandung konsentrasi nutrient baik dalam bentuk organik maupun anorganik (Nitrogen dan Fosfor). Jika limbah tersebut dibuang ke lingkungan seperti sungai atau danau, dapat menurunkan kadar oksigen terlarut yang disebabkan terjadinya eutrofikasi (*algae blooming*) (Hadiyanto dan Azim, 2012). Sehingga sebelum dibuang ke perairan, POME harus diolah terlebih dahulu agar sesuai dengan baku mutu limbah yang telah ditetapkan (Deublein dan Steinhauser, 2008).

Mikroalga dapat digunakan sebagai alternatif pengolahan lanjutan untuk menyisihkan kandungan nitrogen total yang terkandung di dalam POME, karena mikroalga dapat memanfaatkan kandungan organik yang terkandung di dalam POME

sebagai sumber nutrien untuk pertumbuhannya (Hadiyanto, 2013). Menurut Liu, dkk (2012) salah satu mikroalga yang yang berpotensi sebagai agen pengolahan air limbah terbaik adalah mikroalga *Chlorella* sp. dikarenakan *Chlorella* sp. memiliki kemampuan untuk menyerap nutrisi lebih tinggi dibandingkan spesies lainnya.

Keberhasilan dalam menggunakan mikroalga untuk mengolah air limbah tergantung pada banyak faktor diantaranya ketersediaan nutrisi yang cukup untuk mikroalga. Unsur hara mikro digunakan untuk menjalankan berbagai fungsi dalam pertumbuhan mikroalga dan metabolisme. Unsur hara mikro harus ada walaupun jumlah yang dibutuhkan adalah kecil dan keberadaannya tidak bisa diganti oleh zat lain (Kawaroe, dkk., 2010).

Tembaga (Cu) dan seng (Zn) termasuk kedalam golongan logam berat esensial, yaitu logam yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun (Wijoseno, 2011). Unsur Tembaga (Cu) berperan sebagai bagian dari enzim fenolase, laktase, dan askorbat oksidase, dan Seng (Zn) berperan sebagai aktivator enzim dan penyusun klorofil pada sel mikroalga (Wijoseno, 2011).

Dalam penelitian ini, dilakukan pengolahan POME di dalam *flat-photobioreactor* dengan menambahkan kombinasi konsentrasi Cu dan Zn dengan variasi konsentrasi Cu sebesar 0,1; 0,5; dan 1,0 mg/L, dan konsentrasi Zn 0,5 dan 1,0 mg/L selama 7 hari. Dilakukan uji terhadap kandungan nitrogen total pada POME setiap 24 jam mulai dari hari ke-0 hingga hari ke-7 masa pengolahan. Dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui konsentrasi kombinasi mikronutrien Cu dan Zn terbaik dalam menyisihkan kandungan nitrogen total di dalam POME.

## 2. ALAT, BAHAN, DAN PROSEDUR PENELITIAN

### 2.1 ALAT DAN BAHAN

Pada penelitian ini, alat yang digunakan antara lain :

1. *flat-photobioreactor* berukuran 20 cm x 7 cm x 25 cm
2. Sumber cahaya berasal cahaya matahari
3. Aerator dengan debit 3 L/menit

Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Sampel POME PT. X
2. Mikroalga *Chlorella* sp.

3. Medium Dahril *Solution*
4.  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{ZnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

## 2.2 PROSEDUR PENELITIAN

### 2.2.1 PREPARASI MEDIUM POME

POME yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari kolam IV PT. X. *Sampling* POME 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 komposisi mikronutrien Cu dan Zn serta Nitrogen Total awal dengan menggunakan metode spektrofotometri.

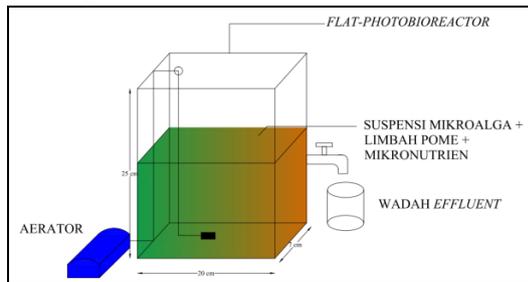
### 2.2.2 KULTIVASI *STOCK* DAN AKLIMATISASI MIKROALGA *Chlorella* sp.

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

Kultur mikroalga hasil perbanyakan kemudian melalui tahap aklimatisasi. Aklimatisasi dilakukan selama 2 minggu dengan cara mencampurkan mikroalga hasil kultivasi dengan POME secara bertahap hingga diperoleh kepadatan mikroalga minimal sebesar  $10^6$  sel/mL. Tahap awal dilakukan dengan mencampurkan 50% mikroalga hasil kultivasi dan 50% POME. Kemudian tahap berikutnya dilakukan dengan cara mencampurkan mikroalga dari tahap pertama dan POME dengan rasio mikroalga : POME sebesar 75% : 25% (Anggreani, 2011).

### 2.2.3 OPERASIONAL ALAT *FLAT-PHOTOBIOREACTOR*

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



Gambar 1. Perspektif *flat-photobioreactor*

6 *flat-photobioreactor* akan berisi mikroalga *Chlorella* sp. dengan variasi kombinasi konsentrasi mikronutrien Cu dan Zn dengan variasi konsentrasi Cu yaitu 0,1; 0,5 dan 1,0 mg/L dan konsentrasi Zn yaitu 0,5 dan 1,0 mg/L dengan pencahayaan alami dari cahaya matahari. Sedangkan satu *flat-photobioreactor* berfungsi sebagai kontrol yang akan berisi mikroalga tanpa penambahan mikronutrien.

### 2.2.4 PENELITIAN UTAMA

Sel alga *Chlorella* sp. yang telah di aklimatisasi dimasukkan sebanyak 25%v ke dalam medium POME yang terdapat pada reaktor (Zulfarina, 2013). Dari 3 variasi konsentrasi Cu yakni 0,1 ; 0,5 ; 1,0 mg/L, masing-masingnya dikombinasikan dengan Zn dengan variasi konsentrasi 0,5 dan 1,0 mg/L, serta satu buah *flat-photobioreactor* digunakan sebagai kontrol tanpa penambahan mikronutrien, sehingga total *flat-photobioreactor* kultur *Chlorella* sp. berjumlah tujuh buah. Volume kerja pada penelitian ini adalah 1,8 L. *Flat-photobioreactor* dioperasikan pada suhu

ruang dengan sumber cahaya pada *Flat-photobioreactor* berupa cahaya matahari. Semua *flat-photobioreactor* di lakukan aerasi secara kontinu menggunakan pompa aerasi pada debit 3 L/menit agar terjadi pengadukan sehingga mikroalga dapat berkontak dengan air limbah.

Selama proses pengolahan berlangsung, densitas sel mikroalga di setiap variasi perlakuan dihitung untuk mengetahui pertumbuhan sel *Chlorella* sp. 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-photobioreactor*. Untuk mengetahui konsentrasi nitrogen total dilakukan pengujian nitrogen total dengan menggunakan metode spektrofotometri setiap 24 jam dari hari ke-0 hingga hari ke-7 proses pengolahan. 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 LAJU PERTUMBUHAN SEL *Chlorella* sp. SELAMA PROSES PENGOLAHAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, sel mikroalga *Chlorella* sp.

mampu melakukan pembelahan sel dan bertahan hidup. Hal ini ditandai dengan meningkatnya laju pertumbuhan sel mikroalga *Chlorella* sp. setiap harinya hingga fase eksponensial. Peningkatan densitas sel ini menunjukkan bahwa sel *Chlorella* sp. mampu memanfaatkan bahan organik yang terdapat di dalam POME sebagai sumber nutrisi.

Pertumbuhan sel *Chlorella* sp. terbaik terdapat pada *flat*-fotobioreaktor pada konsentrasi 1,0 mg/L Cu dan 1,0 mg/L Zn dengan laju pertumbuhan sel tertinggi terjadi yaitu 0,294/hari pada hari ke-7. Menurut Febtisuharsi (2016),

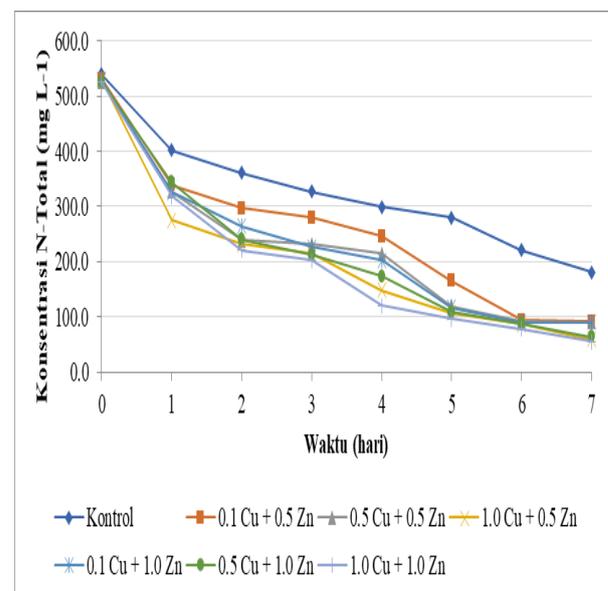
keberadaan mikronutrien tidak bisa diganti oleh zat lain dan mikronutrien dengan komposisi yang tepat dapat meningkatkan pertumbuhan biomassa mikroalga namun jika terlalu banyak justru merupakan racun bagi mikroalga. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi 1,0 mg/L Cu dan 1,0 mg/L Zn yang ditambahkan pada mikroalga berfungsi sebagai nutrient dengan komposisi yang ideal dalam proses pertumbuhannya dan belum menjadi toksik bagi pertumbuhan mikroalga. Laju pertumbuhannya pada setiap *flat-photobioreactor* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Laju Pertumbuhan Sel Mikroalga *Chlorella* sp.

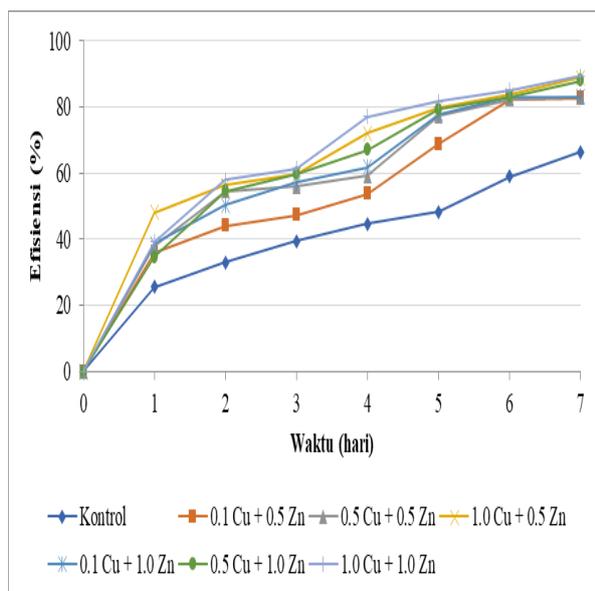
| Variasi Perlakuan         | Specific Growth Rate (Sel/Hari) |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                           | 0                               | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| Kontrol                   | 0                               | 0.032 | 0.061 | 0.081 | 0.096 | 0.107 | 0.116 | 0.119 |
| 0,1 mg/L Cu + 0,5 mg/L Zn | 0                               | 0.047 | 0.108 | 0.121 | 0.171 | 0.177 | 0.204 | 0.216 |
| 0,5 mg/L Cu + 0,5 mg/L Zn | 0                               | 0.136 | 0.169 | 0.182 | 0.191 | 0.223 | 0.226 | 0.238 |
| 1,0 mg/L Cu + 0,5 mg/L Zn | 0                               | 0.204 | 0.244 | 0.247 | 0.254 | 0.260 | 0.281 | 0.282 |
| 0,1 mg/L Cu + 1,0 mg/L Zn | 0                               | 0.150 | 0.197 | 0.226 | 0.234 | 0.244 | 0.246 | 0.249 |
| 0,5 mg/L Cu + 1,0 mg/L Zn | 0                               | 0.092 | 0.213 | 0.236 | 0.240 | 0.254 | 0.267 | 0.275 |
| 1,0 mg/L Cu + 1,0 mg/L Zn | 0                               | 0.136 | 0.249 | 0.272 | 0.279 | 0.284 | 0.288 | 0.294 |

### 3.2 EFISIENSI PENYISIHAN NITROGEN TOTAL

Pada penelitian ini dilakukan uji terhadap kandungan Nitrogen Total setiap 24 jam selama 7 hari masa pengolahan POME menggunakan mikroalga *Chlorella* sp. Pada Gambar 2 Dapat dilihat grafik nilai konsentrasi Nitrogen Total dan efisiensi penyisihan Nitrogen Total untuk setiap perlakuan yang diplotkan terhadap waktu pengolahan.



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Grafik Nilai Konsentrasi Nitrogen Total dan (b) Efisiensi Penyisihan Nitrogen Total

Efisiensi penyisihan nitrogen total semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. dan waktu kontak pada *flat-photobioreactor*. Pada penelitian ini diperoleh efisiensi penyisihan nitrogen total terbaik pada *flat-photobioreactor* dengan kombinasi konsentrasi 1,0 mg/L Cu dan 1,0 mg/L Zn pada hari ketujuh yaitu sebesar 89,5% dengan konsentrasi nitrogen total sebesar 84,81 mg/L.

Hal ini dikarenakan pada variasi tersebut terdapat pertumbuhan sel paling tinggi. Lau, dkk (1995) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa semakin tinggi densitas sel, maka efisiensi penyisihan nutrisi akan semakin baik. Sedangkan pada kultur media tanpa penambahan Cu dan Zn (kontrol) menghasilkan efisiensi penyisihan yang paling kecil. Hal ini dikarenakan pada *flat-photobioreactor* kontrol tidak adanya penambahan mikronutrien Cu dan Zn yang dimanfaatkan oleh mikroalga untuk meningkatkan pertumbuhan sel-sel mikroalga sehingga efisiensi penyisihan

konsentrasi nitrogen total hanya mencapai 66,5%.

Berdasarkan Gambar 2 (b) diketahui bahwa efisiensi penyisihan N total terus mengalami peningkatan seiring dengan waktu kontak. Menurut Bahsan (2010), seiring dengan lamanya waktu kontak sel alga dengan air limbah maka terjadi peningkatan kepadatan sel sehingga penyisihan nitrogen semakin tinggi.

Menurut Mara dkk (2007) mikroalga cenderung menggunakan ion nitrit dan ammonium untuk meningkatkan laju pertumbuhan. Zulfarina dkk (2013), menambahkan bahwa ammonium merupakan nutrisi yang lebih disukai mikroalga untuk mensintesis klorofil dalam melakukan proses fotosintesis. Singh, dkk (2012) menyatakan hal yang sama bahwa sel *Chlorella* lebih dahulu akan menyerap nitrogen dalam bentuk ammonium hingga turun pada batas tertentu dan kemudian akan menyerap nitrat.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, efisiensi penyisihan nitrogen total terbaik terdapat pada *flat-photobioreactor* dengan kombinasi konsentrasi 1,0 mg/L Cu dan 1,0 mg/L Zn pada hari ketujuh yaitu sebesar 89,5% dengan konsentrasi nitrogen total sebesar 55,28 mg/L pada hari ketujuh. Hal ini menunjukkan semakin tinggi jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. dan semakin lama waktu kontak, maka efisiensi penyisihan nitrogen total semakin meningkat.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

Anggreani, B. 2011. Efek Aerasi terhadap Dominasi Mikroba dalam Sistem High Rate Algae Pond (HRAP) untuk Pengolahan Air Boezem Morokremlangan. *Skripsi*. Fakultas

- Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Bashan, Yoav., Garcia, O., Hernandez, J. 2010. Efficiency of Growth and Nutrient Uptake from Wastewater by Heterotrophic, Autotrophic, and Mixotrophic Cultivation of *Chlorella vulgaris* Immobilized with *Azospirillum Brasilense*. *Phycological journal*. 46 : 800-812.
- Deublein, D. dan Steinhauser, A. 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resource, An Introduction*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Febtisuhasri, Annisa. 2016. Kepadatan Sel dan Kadar Lipid Mikroalga *Chlorella* sp. dalam Kultur Media Alternatif Kotoran Ternak. *Skripsi*. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Indonesia. Depok.
- Hadiyanto.,Azim, M. 2012. *Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan*. Edisi pertama. Semarang: UPT UNIP Press. 100 halaman.
- Hadiyanto. 2013. Valorisasi Mikroalga untuk Pengolahan Limbah Cair Sawit dan Sebagai Sumber Energi dan Pangan Alternatif. *Prosiding Rekayasa Kimia & Proses*. 1-11.
- Kawaroe, M., T Prariono., A Sunuddin., DW Sari., D Augustine. 2010. *Mikroalga Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar*: Insitut Teknologi Bandung. Bandung.
- Lau, P.S., Tam, N.F.Y., Wong, Y.S., 1995. Effect of Algal Density on Nutrient Removal from Primary Settled Wastewater. *Environmental Pollution*. 89 (1). 59-66.
- Liu, Kai., Li, Jian., Qiao, Hongjin., Lin, Apeng., Wang, Guangce. 2012. Immobilization *Chlorella sorokiana* GXNN 01 in Alginate for Removal of N and P from synthetic wastewater. *Bioresource Technology Journal*. 114: 26-32.
- Mara, D., Mills, S.W., Pearson, H.W.,& Alabaster, G.P. 2007. Waste Stabilization Ponds : a Viable Alternative for Small Community Treatment Systems. *Water and Environment Journal*, 74.
- 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.
- Wijoseno, Tangguh. 2011. Uji Pengaruh Variasi Media Kultur Terhadap Tingkat Pertumbuhan dan Kandungan Protein, Lipid, Klorofil dan Karotenoid pada Mikroalga *Chlorella vulgaris* Buitenzong. *Skripsi*. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Indonesia. Depok.
- Zulfarina., Sayuti, I., Putri H. T. 2013. Potential Utilization of Algae *Chlorella pyrenoidosa* for Rubber Waste Management. *Prosiding Semirata*. Hal 511-520.