

**PEMANFAATAN *Chlorella* sp. UNTUK MENYISIHKAN NITROGEN TOTAL
PADA POME DENGAN VARIASI LAJU ALIR GAS CO₂
MENGUNAKAN *FLAT-PHOTOBIOREACTOR***

Oleh:

Meisy Dhyta Amelia¹⁾, Shinta Elystia²⁾, Sri Rezeki Muria³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, ²⁾Dosen Teknik Lingkungan, ³⁾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 : meisydhytaa@gmail.com

ABSTRACT

POME contains organic matter that can be utilized by microalgae Chlorella sp. Organic material is used as a source of nutrition for growth so as to reduce the content of pollutants in POME. In this research measurements of the growth rate of microalgae Chlorella sp. cells and removal of Total Nitrogen. The research was conducted in batch using flat-photobioreactors with variations in the CO₂ gas flow rate was 0,4 L/min; 0,6 L/min; and 0,8 L/min and contact time 0, 1, 3, 5, and 7 days. Based on the results of the research, the highest growth rate of Chlorella sp. cells and the best efficiency of total nitrogen removal were at the CO₂ gas flow rate was 0,6 L/min on the seventh day was 0.381/day and 84.4%

Keywords: *Chlorella* sp., POME, CO₂ Gas Flow Rate, Flat-Photobioreactor, CO₂ absorbed

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan produsen *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar yang memiliki luas areal perkebunan sawit diperkirakan mencapai 12,3 juta hektar. Wilayah terluas terdapat di Sumatera, tepatnya Provinsi Riau dengan luas sebesar 2,5 juta hektar dengan produksi CPO sebesar 8,7 juta ton. Selain CPO sebagai produk utama pabrik sawit juga menghasilkan hasil samping (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2018). Peningkatan produksi sawit setiap tahunnya menyebabkan peningkatan limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan buah kelapa sawit menjadi minyak kelapa sawit.

Proses pengolahan POME di Indonesia umumnya menggunakan sistem kolam terbuka. POME menghasilkan gas CO₂ dan metana yang dapat terlepas ke udara (Rahardjo, 2009). Karbon dioksida merupakan faktor yang penting yang

mempengaruhi pertumbuhan dan metabolisme mikroalga (Hoshida, dkk., 2005).

POME mengandung bahan organik yang sangat tinggi, sehingga kadar bahan pencemaran juga akan semakin tinggi (Kardila, 2011) sehingga dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi dalam proses fotosintesis untuk pertumbuhan mikroalga (Hadiyanto, 2013). Penggunaan mikroalga dalam mengolah limbah cair merupakan salah satu alternatif pengolahan limbah secara biologis. Hal ini disebabkan keberadaan mikroalga yang melimpah dan mudah untuk didapatkan (Hadiyanto dan Azim, 2012).

Mikroalga *Chlorella* sp. adalah mikroalga uniselular yang berwarna hijau dan berukuran mikroskopis, diameter selnya berukuran 2-8 mikrometer, berbentuk bulat seperti bulat telur dan bola. *Chlorella* sp. merupakan alga

kosmopolit yang terdapat di air payau, air laut dan air tawar (Merizawati, 2008). *Chlorella* sp. memiliki kelebihan untuk tumbuh atau berkembang biak dengan cepat (Anggreani, 2009).

Sumber nitrogen yang terdapat di dalam POME dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp. untuk pertumbuhan. Sumber nitrogen dalam bentuk NH_4^+ digunakan oleh mikroalga untuk pembentukan mikroalga baru dalam proses fotosintesis (Istiyanie, 2011). Senyawa anorganik yang merupakan hasil perombakan bakteri heterotrof seperti NH_3 , NH_4 , N_2 , NO_2 , dan NO_3 dapat dimanfaatkan oleh mikroalga sebagai nutrisi (Effendi, 2003).

Photobioreactor terbuat dari kaca dengan tujuan agar sinar menembus permukaan kaca sehingga eksitasi dari elektron cahaya tersebut dapat ditangkap oleh klorofil alga (Kumar, dkk., 2011). *Flat-photobioreactor* memiliki keunggulan Besarnya luas permukaan yang mendapat cahaya dan relatif mudah dalam pembersihannya.

Dalam penelitian ini, dilakukan uji kandungan nitrogen total di dalam *flat-photobioreactor* dengan variasi laju alir gas CO_2 sebesar 0,4 Lpm; 0,6 Lpm; dan 0,8 Lpm dengan waktu kontak selama 0, 1, 3, 5, dan 7 hari. Dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui laju alir gas CO_2 dan waktu kontak 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 adalah sebagai berikut:

1. *Flat-photobioreactor* yang terbuat dari kaca dengan ukuran 20 cm x 7 cm x 25 cm

2. Selang untuk mengalirkan gas CO_2 dari tabung ke *flat-photobioreactor*
3. *Flow* meter
4. Tabung gas CO_2
5. Regulator gas CO_2
6. Aerator dengan debit 3 Lpm

Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. POME
2. Mikroalga *Chlorella* sp.
3. Medium Dahril *Solution*.

2.2 PROSEDUR PENELITIAN

2.2.1 PREPARASI MEDIUM POME

POME yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari kolam IV PT.X. *Sampling* air limbah dilakukan dengan metode *grab sample* dan kemudian dilakukan penyaringan untuk memisahkan air limbah dari partikel-partikel besar seperti kayu dan kerikil. Kemudian dilanjutkan dengan uji kandungan Nitrogen total awal dengan menggunakan metode spektrofotometri.

2.2.2 KULTIVASI STOCK ALGA *Chlorella* sp.

Mikroalga *Chlorella* sp. dikultivasi di dalam sebuah botol plastik kemasan 6 liter dengan menggunakan medium *Dahril Solution* yang berasal dari Pusat Penelitian Alga Universitas Riau dengan memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber cahaya. Mikroalga *Chlorella* sp. yang dikultivasi selama 7 hari kemudian dihitung dengan menggunakan mikroskop dan *thomacytometer*.

2.2.3 AKLIMATISASI KULTUR ALGA DENGAN MEDIUM POME.

Kultur alga hasil perbanyakan kemudian akan melalui tahap aklimatisasi.

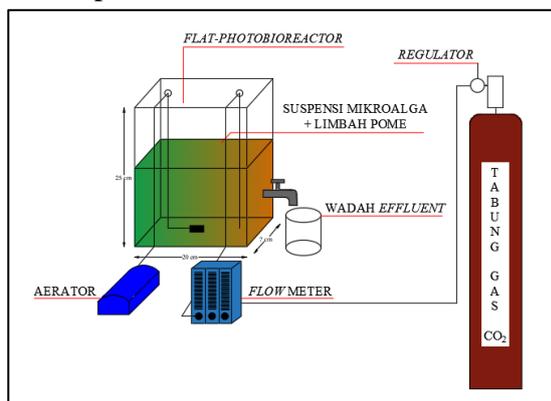
Aklimatisasi dilakukan selama 2 minggu dengan cara mencampurkan alga hasil kultivasi dengan medium POME melalui 2 tahap berdasarkan metode yang dilakukan oleh Anggreani, 2011. Yahunan aklimatisasi adalah sebagai berikut:

1. Tahap 1 dilakukan dengan mencampurkan 50 % alga hasil kultivasi dan 50 % POME selama 7 hari.
2. Setelah 7 hari dilanjutkan dengan tahap 2 dengan cara mencampurkan alga dari tahap 1 dan POME dengan rasio sebesar 75% : 25%.

Peningkatan jumlah sel yang terjadi menandakan bahwa mikroalga *Chlorella* sp. mampu memanfaatkan nutrisi yang terkandung pada POME.

2.2.4 INSTALASI DAN PEMASANGAN ALAT FLAT-FOTOBIOREAKTOR

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-fotobioreaktor* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perspektif *Flat-photobioreactor*

Satu *flat-photobioreactor* berfungsi sebagai kontrol tanpa injeksi laju alir gas CO₂ dan tiga *flat-photobioreactor* diisi dengan suspensi mikroalga *Chlorella* sp.

dengan variasi laju alir gas CO₂ dalam *flat-photobioreactor* berturut-turut sebesar 0,4 Lpm; 0,6 Lpm; dan 0,8 Lpm. Keempat *flat-photobioreactor* diaerasi secara kontinu menggunakan aerator dengan debit aerasi sebesar 3 Lpm. Sumber cahaya menggunakan cahaya matahari.

2.2.5 PENELITIAN UTAMA

Prosedur pada penelitian utama adalah sebagai berikut:

1. Konsentrasi POME terhadap mikroalga dengan perbandingan 1:4. POME sebanyak 1,35 L dimasukkan ke dalam empat buah *flat-photobioreactor*.
2. Kemudian dimasukkan ke dalam masing-masing *flat-photobioreactor* suspensi mikroalga hasil aklimatisasi tahap 2 sebanyak 450 mL.
3. Satu *flat-photobioreactor* berfungsi sebagai kontrol tanpa injeksi laju alir gas CO₂ dan tiga *flat-photobioreactor* diisi dengan suspensi mikroalga *Chlorella* sp. dengan variasi laju alir gas CO₂ dalam *flat-photobioreactor* berturut-turut sebesar 0,4 Lpm; 0,6 Lpm; dan 0,8 Lpm.
4. Keempat *flat-photobioreactor* diaerasi secara kontinu menggunakan aerator dengan debit aerasi sebesar 3 Lpm.
5. Sebanyak 1 ml kultur diambil dari tiap *flat-photobioreactor*.

Perhitungan jumlah sel dilakukan menggunakan kamar hitung *thomacytometer*. Jumlah kepadatan sel pada setiap bidang kotak dihitung menggunakan *thomacytometer* dengan bantuan *hand counter* yang diamati di bawah mikroskop cahaya. Perhitungan jumlah sel alga menggunakan persamaan (Bastidas, 2008):

$$N = n \times 10^4$$

Dimana :

N = Kelimpahan Sel (sel/mL)

n = Jumlah sel dihitung

10^4 = Volume Kotakan *Thomacytometer*

Laju pertumbuhan sel dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

Dimana :

X_n = densitas sel alga pada waktu ke-n

X_0 = densitas sel alga pada waktu ke-0

Δt = 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 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)

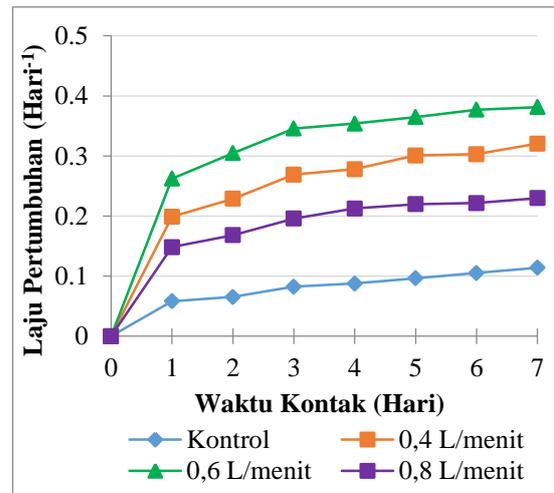
C_{ef} = konsentrasi *effluen* (mg/L)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 LAJU PERTUMBUHAN SEL *Chlorella* sp. SELAMA PROSES PENGOLAHAN POME

Berdasarkan hasil penelitian, alga *Chlorella* sp. di dalam *flat-photobioreactor* dengan penambahan laju alir gas CO_2 mampu melakukan pembelahan sel dan bertahan hidup. Hal ini ditandai dengan meningkatnya densitas sel alga *Chlorella* sp. jumlah sel awal pada setiap *flat photobioreactor* sebesar $5,0 \times 10^5$ sel/mL. Fase lag pada penelitian ini hanya berlangsung hingga hari ke-1. Hal ini dipengaruhi oleh adanya proses aklimatisasi yang bertujuan untuk

mengadaptasikan mikroalga *Chlorella* sp. dengan medium POME sehingga kondisi lingkungan yang sama menyebabkan fase lag singkat dan sel akan cepat memasuki fase eksponensial. Peningkatan jumlah sel ini juga menunjukkan bahwa sel *Chlorella* sp. mampu memanfaatkan bahan organik yang terdapat di dalam POME sebagai sumber nutrisi. Laju Pertumbuhan sel *Chlorella* sp. pada setiap *flat-photobioreactor* dapat dilihat pada Gambar 2.

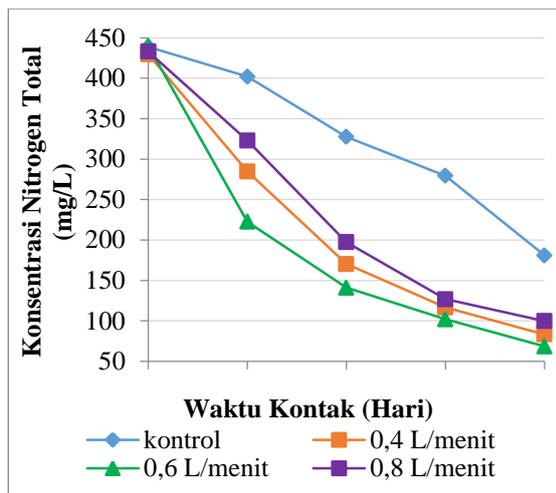


Gambar 2. Laju Pertumbuhan sel *Chlorella* sp. selama pengolahan

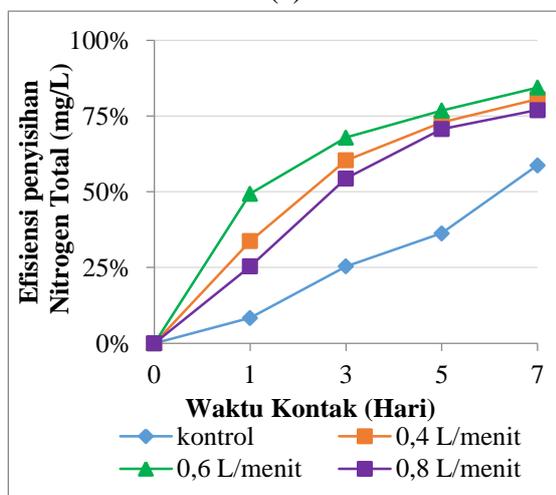
Laju pertumbuhan sel dari masing-masing perlakuan berbeda. Laju pertumbuhan tertinggi terdapat pada perlakuan injeksi gas CO_2 dengan laju alir 0,6 Lpm sebesar 0,381/hari serta paling lambat pada perlakuan laju alir gas CO_2 0,8 Lpm sebesar 0,230/hari. Sedangkan pada kontrol tanpa injeksi laju alir gas CO_2 hanya sebesar 0,114/hari.

3.2 EFISIENSI PENYISIHAN TSS

Pada Gambar 3 dapat dilihat grafik nilai konsentrasi nitrogen total dan efisiensi penyisihan nitrogen total untuk setiap perlakuan yang diplotkan terhadap waktu (hari) selama pengolahan.



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Grafik Nilai Konsentrasi nitrogen total dan (b) Efisiensi Penyisihan nitrogen total

Pada penelitian ini diperoleh efisiensi penyisihan nitrogen total terbaik pada *flat-photobioreactor* dengan laju alir gas CO_2 0,6 Lpm pada hari ketujuh sebesar 84,4% dengan konsentrasi nitrogen total sebesar 68,53 mg/L. Seiring dengan bertambahnya waktu kontak, efisiensi penyisihan nitrogen total semakin meningkat. Hal ini ditunjukkan dengan semakin banyak jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. maka akan semakin meningkat penyisihan nitrogen total pada *flat-photobioreactor*.

Pada perlakuan kontrol tanpa adanya injeksi gas CO_2 tidak efektif dalam menurunkan konsentrasi nitrogen total pada POME. hal ini disebabkan karena tidak adanya penambahan gas CO_2 yang merupakan makronutrien bagi pertumbuhan *Chlorella* sp. C:N:P untuk mikroalga ialah sebesar 106:16:1 dimana karbon merupakan makronutrien dengan jumlah terbesar yang dibutuhkan mikroalga untuk pertumbuhannya. Efisiensi penyisihan nitrogen total tanpa adanya injeksi gas CO_2 lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan injeksi gas CO_2 yakni hanya sebesar 58,7% dengan konsentrasi nitrogen total sebesar 181,015 mg/L.

Penurunan nilai nitrogen total juga disebabkan karena adanya penguraian bahan organik yang dilakukan oleh bakteri pada POME yang memanfaatkan oksigen yang dihasilkan oleh mikroalga *Chlorella* sp. sehingga bakteri yang ada pada POME juga ikut mengambil peran dalam penurunan konsentrasi nitrogen total.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, laju pertumbuhan terbaik terdapat pada laju alir gas CO_2 0,6 Lpm sebesar 0,381/hari. Hal ini disebabkan karena jumlah sel yang tinggi dan pembelahan sel yang melimpah mengakibatkan laju pertumbuhan juga akan meningkat. Eefisiensi penyisihan nitrogen terbaik terdapat pada *flat-photobioreactor* dengan laju alir gas CO_2 0,6 Lpm dengan efisiensi penyisihan sebesar 84,4% pada hari ketujuh. Variasi laju alir gas CO_2 0,6 Lpm merupakan variasi gas CO_2 optimum untuk pertumbuhan *Chlorella* sp. Hal ini disebabkan oleh adanya senyawa

bikarbonat (HCO_3^-) di dalam *flat-photobioreactor* yang dimanfaatkan dengan optimal oleh kultur untuk dirubah ke dalam biomassa. 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 Morokrembangan. *Skripsi*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Anggreani, Nita. 2009. Penentuan Parameter Hidrodinamika pada Fotobioreaktor Kolom Gelembung sebagai Basis *Scale Up* Produksi Biomassa Mikroalga *Chlorella Vulgaris* Buitenzorg. *Tesis*. Fakultas Teknik. Program Magister Teknik Kimia. Universitas Indonesia. Depok.
- Bastidas, Oscar. 2008. *Thoma Chamber Formulae Calculation with Thoma Chamber Made Easy*. Celeromics.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2018. *Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017 Perkebunan Sawit*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan. IPB. Bogor.
- Hadiyanto dan Azim. 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.
- Istiyanie, Dewi. 2011. *Pemanfaatan Emisi CO₂ Dari PLTU Batubara Dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik Berbasis Mikroalga*. *Tesis*. Program Pasca Sarjana. Program Studi Kajian Ilmu Lingkungan. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Kardila. 2011. *Karakteristik Air Limbah Industri Minyak Kelapa Sawit*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Kumar K, Chitrlekha N D, Bikram N, Peter L, dan Debabrata D. 2011. Development of Suitable Photobioreactor for CO₂ Sequestration Addressing Global Warming Using Green Algae and cyanobacteria. *Bioresources Technology*. 102: 4945-4953.
- Merizawati. 2008. Analisis Sinar Merah, Hijau, dan Biru (RGB) untuk Mengukur Kelimpahan Fitoplankton (*Chlorella* sp.). *Skripsi*. Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor, IPB, Bogor.
- Rahardjo, P. Nugroho. 2009. *Studi Banding Teknologi Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi: Jakarta