

**PENGARUH KONSENTRASI *PALM OIL MILL EFFLUENT* (POM
KINERJA KONSORSIUM MIKROALGA-BAKTERI DARI *PALM OIL
MILL EFFLUENT* (POME) UNTUK PRODUKSI LIPID MENGGUNAKAN
*MULTITUBULAR AIRLIFT BIOREACTOR***

Andhika Chandra¹⁾, Shinta Elystia²⁾, Sri Rezeki Muria³⁾

¹⁾Mahasiswa Prodi Teknik Lingkungan

²⁾Dosen Teknik Lingkungan ³⁾Dosen Teknik Kimia

Laboratorium Pencegahan dan Pengendalian 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 : andhikachandra9@gmail.com

ABSTRACT

Palm Oil Mill Effluent (POME) is wastewater that has high organic matter content. The treatment process of Palm Oil Mill Effluent (POME) generally with the open pond system can be one of the contributors of greenhouse gases in the form of CO₂ and CH₄ gases. To prevent the release of greenhouse gases, microalgae are used by using POME which contains organic ingredients as a nutrition source for microalgae cultivation media to produce raw materials for biofuel (in the form of lipids and carbohydrates) that can be used to overcome the energy crisis. In this study, a microalgae-bacteria consortium of POME was cultivated in POME medium with a variation of injection of CO₂ gas flow with variations (0,3; 0,5; 0,7) l/minute. The cultivation process was carried out for 13 days with radiation using sunlight. The results showed that at a flow rate of 0.5 l / min the lipid content was 45.21% of dry weight with $\mu = 0.850$ / day. The efficiency of removal of organic matter in the form of COD and total nitrogen is 87,36% and 69.92%.

Keywords: Consortium, Microalgae, Indigenous, CO₂, Flow rate, Injection, Lipid, COD, Nitrogen total, Palm Oil Mill Effluent (POME)

1. PENDAHULUAN

Palm Oil Mill Effluent (POME) adalah limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan pengolahan minyak kelapa sawit. POME

membutuhkan pengolahan yang efektif sebelum dibuang ke aliran air karena sifatnya yang sangat berbahaya bagi lingkungan (Poh, 2010). Dalam melakukan pengolahan limbah cair kelapa sawit, sebagian

besar pabrik kelapa sawit di Indonesia menggunakan instalasi pengolahan air limbah dengan sistem terbuka. Pengolahan ini terdiri dari kolam anaerob, fakultatif dan aerob untuk mendegradasi bahan organik yang ada dalam limbah cair (Rahardjo,2010). Febijanto (2009) menyatakan bahwa PTPN V Sei. Pagar, Kabupaten Kampar, Riau, melakukan pengolahan limbah dengan proses waktu tinggal sekitar 20-30 hari yang meliputi Kolam pengolahan limbah cair ini terdiri dari 8-10 kolam, dimana 2 kolam pertama merupakan kolam an-aerob, dan sisanya merupakan kolam aerob. Limbah cair yang dialirkan ke perkebunan diambil dari kolam pengolahan limbah nomor 4. Pada kolam nomor 4 ini, BOD masih relatif tinggi, yaitu sekitar 5000 mg/l. POME juga memiliki nutrien yang kaya akan senyawa organik dan karbon, dekomposisi dari senyawa-senyawa organik oleh bakteri anaerob dapat menghasilkan gas rumah kaca (Deublein dan Steinhauser, 2008).

Gas yang dihasilkan dari dekomposisi senyawa oleh bakteri adalah CO₂ dan CH₄. Gas tersebut jika tidak dikelola dan dibiarkan terlepas ke udara bebas dapat menjadi penyebab pemanasan global. Gas metana dan karbon dioksida yang dilepaskan adalah gas rumah kaca yang disebut sebagai sumber pemanasan global yang merupakan penyumbang gas rumah kaca

terbesar (Sumirat dan Solehudin, 2009).

POME memiliki konsorsium mikroalga-bakteri yang tumbuh secara alami di dalamnya, diantara koloni mikroalga yang tersedia didalamnya adalah *C. incerta*, *C. pyrenoidosa* dan *Spirulina sp.* *Spirulina sp* merupakan salah satu jenis alga yang banyak tumbuh pada limbah cair kelapa sawit di PTPN V Sei Pagar Provinsi Riau khususnya pada kolam ke IV. *Spirulina sp.* ini memiliki waktu panen yang sangat singkat, dan memiliki kandungan lipid yang cukup tinggi dibandingkan jenis mikroalga yang lain (Kamyab dkk., 2015; Oliveira dkk., 1999). Hasil penelitian Januar (2013) terkait bakteri indigen yang berada dalam kolam POME adalah *Bacillus sp.* Bakteri jenis *Bacillus sp* adalah kelompok yang bersifat kemoorganotrof, metabolisme dengan respirasi dan fermentasi. *Bacillus sp* memiliki kemampuan untuk menguraikan minyak untuk menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga dapat diolah oleh mikroalga (Rahman., 2002).

Biomassa mikroalga dipilih karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan biomassa nabati lainnya dan mempunyai kemampuan dalam pengurangan emisi gas CO₂ (Jorquera dkk., 2010) dimana mikroalga dapat mengubah CO₂ menjadi karbohidrat, lemak dan protein yang jauh lebih efisien

dibanding dengan tanaman darat (Scott dkk., 2010). Pertumbuhannya relatif cepat dengan waktu pembelahan selnya sekitar 3,5 jam, memerlukan air lebih sedikit dan menghasilkan bahan baku *biofuel* 15-300 kali lebih cepat dibanding dengan tanaman darat (Chisti, 2007). Mikroalga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel Hal ini dikarenakan lipid yang dihasilkan

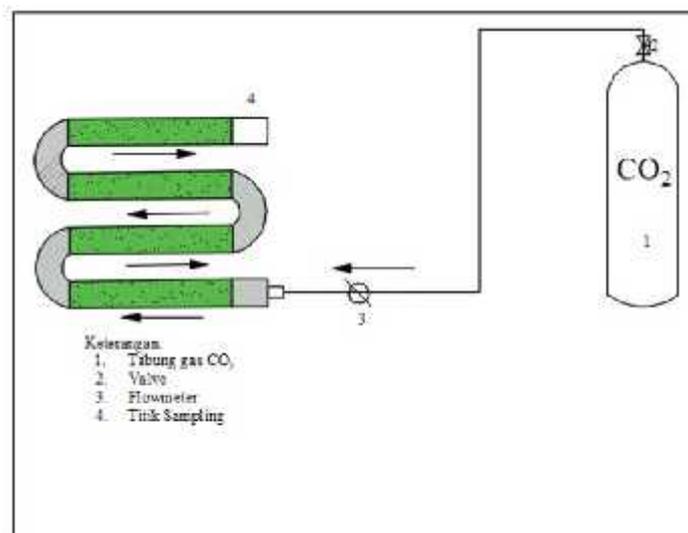
oleh mikroalga cukup tinggi 25% – 75% dalam berat kering untuk dikonversi menjadi biodiesel (Malcata, 2011). Oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan nutrisi konsorsium mikroalga-bakteri dengan menginjeksikan gas CO₂ dengan variasi laju alir dengan memanfaatkan kemampuan fiksasi sebagai sumber karbon anorganik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Kultivasi pada penelitian ini dilakukan pada *multitubular airliftbioreactor* menggunakan pipa akrilik dengan diameter 2 inchi dengan volume kerja 3500 ml menggunakan pencahayaan dengan sinar matahari.

Mikroalga yang digunakan adalah mikroalga *indigeneous* yang tumbuh alami di kolam pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) ke-IV pada PTPN V yang juga digunakan sebagai medium nutrient dan nutrisi tambahan berupa injeksi gas CO₂.



Gambar 1. Desain Alat Kultivasi

1. PROSEDUR PENELITIAN

2.2.1 Pembiakan Kultur Konsorsium Mikroalga

Suspensi mikroalga yang berasal dari kolam keempat PTPN V Sei Pagar sebanyak 400 ml dibiakkan dalam 4000 ml Medium Basal Bold matahari dan diberi aerasi selama 2 minggu. Jumlah sel akan dihitung

2.2.2 Preparasi POME

Sampel POME diambil dari kolam keempat PTPN V Sei Pagar. Sampel kemudian disaring untuk menyisihkan partikel dan pasir yang berukuran besar yang dapat mengganggu pertumbuhan alga. POME diletakkan pada wadah

2.2.3 Percobaan Utama (Konsorsium Mikroalga-Bakteri POME)

Sel mikroalga yang telah dikultivasi pada medium MBB dengan konsentrasi 10^7 dimasukkan sebanyak 25%v ke dalam medium POME yang terdapat pada reaktor (Zulfarina, 2013). Dilakukan penambahan nutrient berupa variasi laju alir gas CO₂ (0,3; 0,5; 0,7) l/menit. Volume kerja pada penelitian ini adalah 3500 ml. Kemudian dilakukan pengukuran dan pengujian lipid pada rentang 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 hari, pengujian kadar N-Total, dan COD POME pada hari ke- 0, 7, 13, dan Perhitungan sel mikroalga ,pH, suhu dan MLVSS setiap hari selama 13 hari.

(MBB) pada suhu lingkungan dengan pencahayaan menggunakan sinar

setiap 24 jam menggunakan *thoma* dan mikroskop. jerigen 30 liter dan diberi label.Setelah itu POME dimasukkan kedalam reaktor sesuai perlakuan penelitian yaitu konsentrasi 100%. Setiap perlakuan dimasukkan kedalam *multitubular airliftbioreactor* 3500 ml.

2.2.4 Analisis Kadar Lipid

Ekstraksi lipid dilakukan dengan metode Bligh-Dyer. Sebanyak 5 ml mikroalga dimasukkan kedalam corong pemisah. Lipid diekstraksi dengan larutan kloroform metanol (2:1, v/v) sehingga terpisah menjadi lapisan cairan kloroform dan metanol. Tambahkan metanol dan air untuk menghasilkan rasio pelarut akhir dari kloroform : metanol : air sebesar 1:1:0,9. Lapisan kloroform dicuci dengan 20 ml larutan NaCl 5% dan diuapkan hingga kering (Putri dkk., 2011). Total lipid ditentukan secara gravimetri (Yoo dkk., 2010).

Ekstraksi mikroalga untuk mendapatkan total lipid dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\% \text{ Total lipid} = \frac{Lw}{Bw} \times 100$$

Dimana:

Lw = Bobot lipid (gram)

Bw = Biomassa (gram)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Mikroalga-Bakteri Konsorsium

Pada penelitian ini konsorsium mikroalga yang digunakan berasal dari kolam ke-4 sistem pengolahan limbah *open pond* PT. Perkebunan Nusantara V Sungai Galuh Provinsi Riau. Jumlah komunitas pada konsorsium dapat berbeda dari waktu ke waktu. Namun diasumsikan selama proses kultivasi tidak terjadi banyak perubahan karena tingginya

ketahanan konsorsium mikroalga *indigenous* yang telah beradaptasi dengan faktor penghambat pertumbuhan yang terdapat pada lingkungan hidupnya. Konsorsium mikroalga bahkan dapat bertahan hingga enam tahun meskipun terjadi perubahan dilusi dan perubahan musim (Danusubrata, 2010). Hasil Identifikasi konsorsium mikroalga *indigenous* yang terdapat pada limbah cair industri sawit (POME) dapat dilihat pada Tabel 1.

Mikroalga	Kepadatan Sel (Sel/liter)
<i>Arthospiraplantesis</i> sp.	8200
<i>Oscillatoria</i> sp.	766
<i>Entransia</i> sp.	33

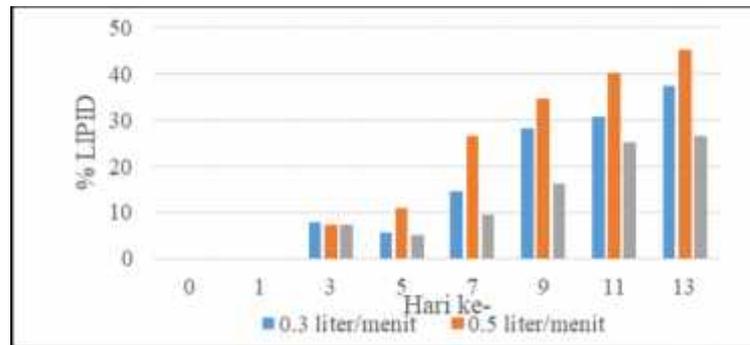
Pada Tabel 4.2 terlihat bahwa *Arthospiraplantesis* sp. merupakan mikroalga dengan dominasi *strain* terbanyak yang ditemukan pada sampel dengan kepadatan sel 8200 sel/liter. Hal ini menunjukkan bahwa *Arthospiraplantesis* sp. dapat bertahan hidup meskipun pada kondisi perairan yang tercemar. *Arthospiraplantesis* sp. adalah salah satu mikroalga yang dapat tumbuh dengan baik dalam air kualitas rendah seperti air limbah POME dengan ketersediaan nutrisi serta sinar matahari yang cukup (Kumar., dkk, 2010; Varma., dkk, 2012). Genus

3.2 Analisa Lipid

Pada penelitian didapatkan bahwa masing-masing perlakuan menghasilkan kandungan lipid yang berbeda. Hasil penelitian

Oscillatoria ditemukan juga dengan kelimpahan sel 766 sel/liter karena *Oscillatoria* merupakan salah satu mikroalga yang memiliki ketahanan yang baik terhadap pencemar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Palmer (1969) dalam Riswanda (2014), bahwa *Oscillatoria* merupakan salah satu genus alga yang sangat toleran terhadap polutan. *Entransia* merupakan salah satu alga yang memiliki ketahanan yang baik, salah satunya juga dapat ditemukan pada air buangan tambang yang bersifat asam (McKibbin., dkk, 2009)

menunjukkan kandungan lipid tertinggi didapat pada laju alir 0,5 l/menit. Kandungan lipid yang didapat selama waktu kultivasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Produksi Lipid pada Variasi Laju Alir

Dari Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa kandungan lipid tertinggi terjadi pada perlakuan dengan injeksi gas CO₂ dengan laju alir 0,5 l/menit. Injeksi gas CO₂ dengan laju alir 0,5 l/menit menghasilkan lipid sebesar 45,21%, sedangkan pada injeksi gas CO₂ dengan laju alir 0,3 l/menit dan 0,7 l/menit masing-masing sebesar 37,36% dan 26,44%.

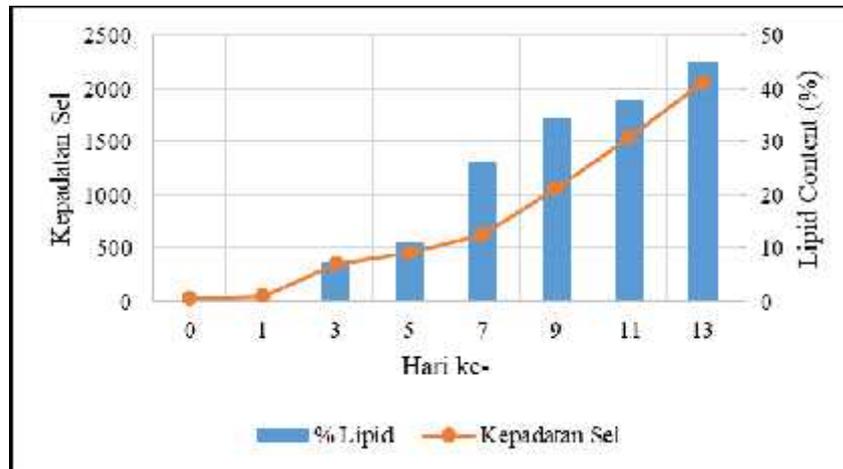
Kandungan lipid yang terdapat pada mikroalga didapatkan dari kandungan karbohidrat yang berlebih. Karbon dioksida (CO₂) pada medium menyebabkan laju fotosintesis akan memacu sintesis karbohidrat. Karbohidrat yang berlebihan dalam sel kemudian akan dikonversi dalam bentuk lipid (Chisti, 2007). Bellou dan Aggelis (2013) juga menyatakan bahwa sintesa lipid diawali dengan sintesa karbohidrat. Dalam proses fotosintesis CO₂ akan dikonversi menjadi gliceryde – 3 – phosphate (G3P) yang digunakan sebagai prekursor dalam pembentukan karbohidrat dan lipid. Selanjutnya gliceryde – diubah menjadi piruvat. Piruvat kemudian dikonversi menjadi

asetil – koA dengan reaksi menggunakan enzim *pyruvate dehydrogenase complex* (PDC). Asetil- koA merupakan prekursor untuk sintesis asam lemak. Reaksi pembentukan asam lemak akan terjadi dalam plastida. Selanjutnya asam lemak yang terbentuk di plastida akan dibawa menuju retikulum endoplasma. Di retikulum endoplasma asam lemak diubah menjadi lipid struktural dan non struktural. Lipid struktural adalah lipid yang digunakan untuk pertumbuhan dan pembentukan sel. Sedangkan lipid non struktural adalah lipid yang digunakan sebagai bentuk cadangan energi (Wijarnako dkk., 2004).

Peningkatan biomassa pada perlakuan injeksi gas CO₂ diduga terjadi sejalan dengan peningkatan jumlah sel mikroalga. Hal ini dikarenakan gas CO₂ yang diinjeksikan dapat dijadikan sebagai bahan fotosintesis yang difiksasi dan selanjutnya dikonversi menjadi biomassa (Lin dkk., 2012). Nugraha (2012) menyatakan bahwa mikroalga mengalami penurunan biomassa pada

hari tertentu setelah mencapai hari pertumbuhan biomassa maksimal, dikarenakan semakin menurunnya jumlah nutrisi pada media kultivasi.

Kandungan lipid pada mikroalga memiliki hubungan terhadap fase pertumbuhan mikroalga dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Jumlah Sel Mikroalga dengan Kandungan Lipid terhadap Waktu pada Laju Alir Gas CO₂ 0,5 l/menit

Pada Gambar 3 terlihat bahwa pada fase lag, mikroalga belum menghasilkan lipid. Kandungan lipid yang dihasilkan mikroalga meningkat pada fase eksponensial. Fase pertumbuhan dengan tingkat serapan CO₂ dan laju pembentukan biomassa yang tinggi terjadi pada fase eksponensial. Pada fase ini juga terjadi serapan nutrisi dari media secara cepat sehingga nutrisi dalam fotobioreaktor berkurang (Prayitno, 2015).

4. KESIMPULAN

Konsentrasi lipid terbaik didapatkan pada variasi perlakuan injeksi gas CO₂ dengan laju alir 0,5 l/menit yaitu sebesar 45,21%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Chisti Y. 2007. Biodiesel From Microalgae. *Biotechnol Adv.* 25(1) : 294–306.
- Chiu, S.Y., C.Y. Kao, M.T. Tsai, S.C. Ong, C.H. Chen, and C.S. Lin, (2009), Lipid accumulation and CO₂ utilization of *Nannochloropsis oculata* in response to CO₂ aeration, *Biores. Technol.*, 100: 833–838.
- Deublin, D., & A. Steinhauser. 2008. *Biogas From Waste And Renewable Resource*. Wiley-Vch Verlag Gmbh & Co. Kga, Weinheim.
- Febijanto, Irhan., 2009. Pengurangan Gas Rumah Kaca dari Limbah Cair di Pabrik Kelapa Sawit PT Perusahaan Nusantara. Riau
- Kamyab, Hesam dkk., 2015. Isolation and Screening of Microalgae from Agro-

- Industrial Wastewater (Pome) for Biomass and Biodiesel Sources. A Centre for Environmental Sustainability And Water Security (Ipasa), Research Institute For Sustainable Environment, Department Of Environmental Engineering, Universiti Teknologi Malaysia (UTM)
- Kazamia, E., Aldridge, D.C., and Smith, A.G. 2012. Synthetic ecology: a way forward for sustainable algal biofuel production. *Journal of Biotechnology*. (162): 163-169.
- Kazamia, Elena., Dkk. 2012. Mutualistic Interactions Between Vitamin B12-Dependent Algae and Heterotrophic Bacteria Exhibit Regulation . Department Of Plant Sciences, University Of Cambridge, Cambridge.
- Kumar, Amit. Sarina Ergas, Xin Yuan, Ashis Sahu, Qiong Zhang, Jo Dewulf, F. Xavier Malcata, Herman van Langenhove.2010. Trends in Biotechnology. Vol.28 No 7:371-380.
- Poh Eong. Paik, Yong, W, and Chong Mei, Fong., 2010. *Palm Oil Mill Effluent (POME) Characteristic In High Crop Season And The Applicability Of High-Rate Anaerobic Bioreactors For The Treatment Of POME*. Department Of Chemical And Environmental Engineering, Faculty Of Engineering, University Of Nottingham.
- Prayitno, Joko. 2016. *Pola Pertumbuhan dan Pemanenan Biomassa dalam Fotobioreaktor Mikroalga untuk Penangkapan Karbon Growth Pattern and Biomass Harvesting in Microalgal Photobioreactor for Carbon Sequestration*. Serpong. Pusat Teknologi Lingkungan – BPPT.
- Rahardjo M.Sc, P.N., 2010. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Dengan Proses Biologis*.
- Riswanda, F.S., E. Setiadi dan A. Slamet. 2014. Studi Perubahan Nilai Indeks Pencemar Badan Air Di Kota Surabaya Terhadap Dominasi, Diversitas Genus Alga Dan Konsentrasi Klorofil-a. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Scott, S.A., Davey, M.P., Dennis, J.S., Horst, I., Howe, C.J., Lea-Smith, D J., And Smith, A.G. 2010. Biodiesel From Algae: Challenges And Prospects. *Current Opinion In Biotechnology*. 21 : 227–286.
- Yoo, C., Jun, S.Y., Lee, J.Y., Ahn, C.N and Oh, H.M. 2010. Selection of Microalgae for Lipid Production Under High Level Carbon dioxide. *Bioresource Technology*. 101 : 71-74.