

KULTIVASI MIKROALGA *Chlorella sp.* SECARA *FED-BATCH* DALAM MEDIA POME SEBAGAI BAHAN BAKU BIOETANOL

Dina Citra Naomi Harianja¹⁾, Sri Rezeki Muria²⁾, Chairul²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, ²⁾ Dosen Teknik Kimia
Laboratorium Teknologi Bioproses

Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293

E-mail : dina.citranaomiharianja@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Bioethanol is an environmental friendly biofuel, one of the raw materials is microalgae, because microalgae can produce carbohydrates which can be used for fermentation in the process of bioethanol production. In this research the microalgae Chlorella sp. cultivated in the palm oil waste media (POME) in a fed-batch culture. The purpose of this research are study the effect of fed POME media in fed-batch culture on the growth of Chlorella sp., to calculate the specific growth rate of Chlorella sp. microalgae, determine the effect of fed-batch processes on the reduction of POME COD and carbohydrate content of Chlorella sp. Microalgae Chlorella sp. 600 ml with 4.8×10^6 cell density were cultivated for 12 days using bioreactors with addition of waste variations 0.45 L / day, 0.9 L / 2 days and 1.35 L / 3 days, and batch process with addition of 5.4 wastes L. POME COD analysis is carried out at the beginning and end of cultivation, cell density and carbohydrate calculation is performed at each waste addition. The best results were obtained with variations in the addition of POME 0.9 L every 2 days, POME COD of 750 mg / L, and density cel 4.432×10^6 with carbohydrates 190,51 mg / L.

Keywords : *Chlorella sp., fed-batch cultivation, POME, carbohydrate.*

1. PENDAHULUAN

Negara Indonesia adalah salah satu negara yang jumlah penduduknya sangat besar di dunia. Sehingga akan memberikan dampak yang sangat signifikan dalam penggunaan energi. Energi yang digunakan oleh rakyat Indonesia kebanyakan diperoleh dari sumber yang tidak dapat di perbaharui. Dalam penggunaan yang tak terkendali ketersediaannya semakin lama semakin habis. Energi tersebut adalah energi yang berbasis fosil. Oleh sebab itu, energi berbasis bahan bakar fosil harus dikurangi dengan menggunakan sumber-sumber

energi lainnya sebagai bahan bakar alternative, salah satunya adalah bioetanol (Sukaryo,2017).

Bioetanol merupakan *biofuel*, dan mempunyai prospek baik sebagai pengganti bahan bakar cair dengan bahan baku yang dapat diperbaharui, ramah lingkungan serta sangat menguntungkan secara ekonomi mikro terhadap komunitas pedesaan terutama petani. Mikroalga baru-baru ini menjadi perhatian dalam produksi *biofuel* karena mikroalga dapat menghasilkan karbohidrat. Karbohidrat mikroalga sebagian besar terdiri dari selulosa dan pati, sehingga dapat dengan

mudah digunakan untuk fermentasi bioetanol (Ho et al., 2017).

Indonesia adalah salah satu negara penghasil minyak sawit (*Crude Palm Oil*) terbesar di dunia. Salah satu provinsi yang memiliki luas perkebunan sawit terbesar yaitu Provinsi Riau dengan luas lahan 1,44 juta hektar (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2017). Persoalan utama dari produksi CPO ini adalah dihasilkannya limbah cair yang dikenal dengan istilah POME (*Palm Oil Mill Effluent*).

Mikroalga *Chlorella sp.* merupakan mikroalga yang banyak dimanfaatkan dalam pengolahan limbah cair. Mikroalga *Chlorella sp.* dapat bersimbiosis dengan bakteri pengurai untuk mempercepat proses metabolisme. Menurut Selvika (2016), kelebihan dari mikroalga jenis *Chlorella sp.* merupakan mikroalga yang dapat tumbuh dalam lingkungan tercemar dikarenakan *Chlorella sp.* memiliki *Phytohormon* dan *Polyamine* untuk adaptasi pada ekosistem air yang tercemar dengan logam berat. Kemampuan *Chlorella sp.* dalam menyerap logam berat ini didukung dengan kemampuan beradaptasi, bertumbuh dan dapat digunakan sebagai bioremediator.

Menurut Mahdi dkk (2017) POME mengandung nitrogen dan fosfor yang dapat digunakan sebagai nutrisi pertumbuhan mikroalga dengan rasio perbandingan massa C: N: P = 34 : 16 : 1. Namun selain nutrisi tersebut, mikroalga juga membutuhkan nutrisi dari unsur-unsur mikronutrien (Hadiyanto dan Azim, 2012). Pengolahan POME menggunakan mikroalga dapat mengurangi polutan pada POME dan menghasilkan biomassa dalam jumlah yang besar (Woertz, 2007).

Pada penelitian ini, mikroalga dikultivasi dengan penambahan medium POME secara *fed-batch* selama 12 hari. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan efisiensi penyisihan COD dan *specific growth*. Metode *fed-batch* dipilih dalam penelitian ini dimana POME ditambahkan sebanyak 450 ml/hari, 900 ml/2 hari dan 1350 ml/3 hari.

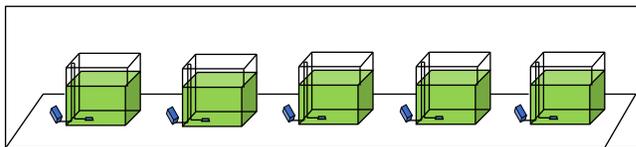
2. METODOLOGI

2.1 ALAT DAN BAHAN

Pada penelitian ini, medium yang digunakan yaitu limbah cair POME yang berasal dari *land application* PTPN X. Mikroalga *Chlorella sp.* yang dikultur terlebih dahulu di Pusat Penelitian Alga, Fakultas Perikanan, Universitas Riau. Bahan lain yang digunakan diantaranya, akuades, larutan Somogyi-Nelson, dan *Dahril-Solution*. Pengolahan dilakukan dalam bioreaktor yang dilengkapi dengan aerator untuk proses pengadukan. Alat lain yang digunakan diantaranya, timbangan analitik, pipet tetes, *thomacytometer*, tabung reaksi, erlenmeyer, buret, dan oven.

2.2 KULTIVASI MIKROALGA *Chlorella sp.*

Air limbah yang digunakan dalam penelitian ini sebelumnya disterilisasi dan disaring terlebih dahulu untuk menghindari pengotor dan bakteri pengurai, kemudian proses kultivasi mikroalga ini dilakukan secara *fed-batch*. Nilai kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada limbah POME dihitung terlebih dahulu. Mikroalga yang telah diaklimatisasi hingga jumlah total kepadatan sel (N) sebesar 10^6 sel/mL sebanyak 10% dari substrat (600 ml) dimasukkan ke dalam bioreaktor. Pada bioreaktor pertama yang merupakan bioreaktor kontrol, limbah POME ditambahkan sebanyak 6000 ml tanpa penambahan mikroalga. Kemudian pada bioreaktor kedua, kultivasi dilakukan secara *batch* dengan menambahkan 5400 ml limbah POME dan mikroalga sebanyak 600 ml. Bioreaktor ketiga hingga kelima, kultivasi dilakukan secara *fed-batch* dengan menambahkan limbah POME sesuai perlakuan 0,45 L setiap 1 hari, 0,9 L ml setiap 2 hari, 1,35 l setiap 3 hari hingga volume limbah POME mencapai 5,4 L.



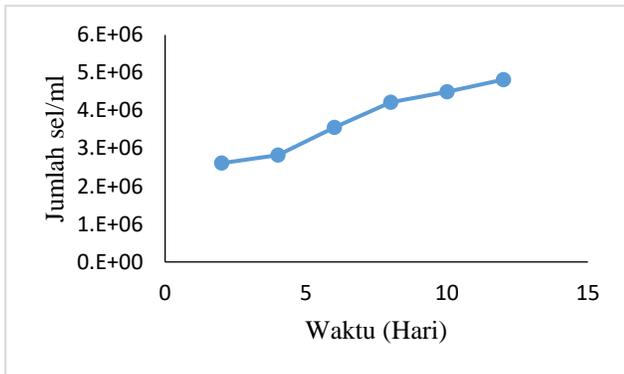
Gambar 1. Bioreaktor

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 AKLIMATISASI MIKROALGA *Chlorella sp.*

Tahap aklimatisasi dilakukan untuk membantu proses adaptasi mikroalga dengan kondisi baru (Haji et al, 2018). Proses aklimatisasi dilakukan

dengan cara menambahkan limbah secara bertahap pada bioreaktor yang telah berisi mikroalga sampai pada volume yang diinginkan dan proses ini dilakukan selama 12 hari. Pengamatan dilakukan setiap 2 hari sekali dengan menghitung kepadatan sel mikroalga *Chlorella sp.* yang dapat dilihat pada gambar 2.

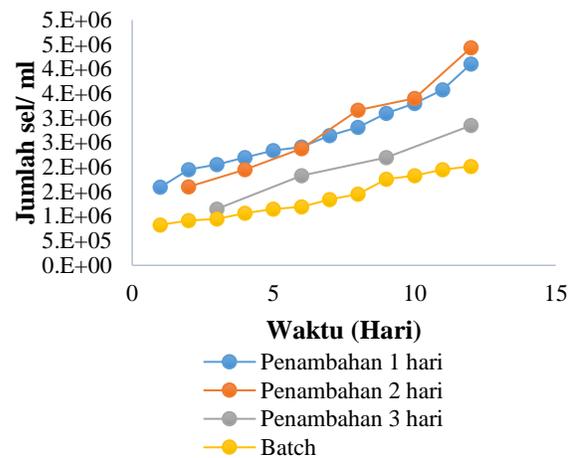


Gambar 2. Hubungan Antara Waktu Aklimatisasi dengan Jumlah Sel *Chlorella sp.*

Pada awal proses aklimatisasi didapatkan kepadatan sel *Chlorella sp.* sebesar $2,6 \times 10^6$, sedangkan pada hari ke-12 kepadatan sel *Chlorella sp.* yang didapat sebesar $4,8 \times 10^6$. Peningkatan kepadatan sel tersebut menandakan bahwa mikroalga *Chlorella sp.* dapat beradaptasi dan tumbuh dalam limbah cair kelapa sawit (Rini, 2012). Mikroalga hasil aklimatisasi ini selanjutnya akan digunakan pada proses kultivasi.

3.2 PENGARUH PROSES FED-BATCH TERHADAP PENURUNAN COD DAN PENINGKATAN JUMLAH SEL *Chlorella sp.*

Kadar bahan organik yang terkandung dalam POME dapat diukur dengan nilai COD. Nilai COD meningkat seiring dengan meningkatnya bahan organik di dalam limbah. COD merupakan indikator pencemaran di badan air.



Gambar 3. Hubungan Waktu Penambahan POME terhadap penurunan COD dan Peningkatan Jumlah sel.

Tabel 1 Penurunan COD Selama Proses Pengolahan Limbah

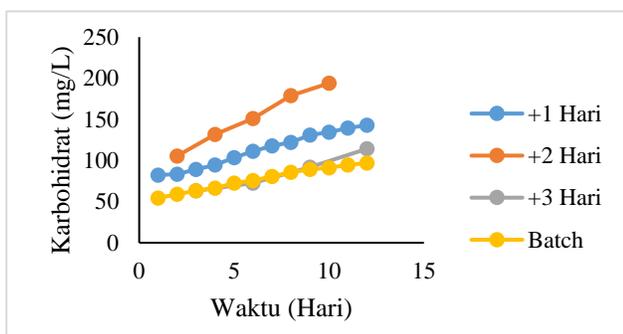
Variasi Perlakuan	COD Awal (mg/L)	COD Akhir (mg/L)
Batch tanpa penambahan alga	4.250	3.500
Batch dengan penambahan alga	4.250	2.750
Penambahan POME setiap 1 Hari	4.250	1.250
Penambahan POME setiap 2 Hari	4.250	750
Penambahan POME setiap 3 Hari	4.250	2.000

Pada Gambar 3 dan Tabel 1 menunjukkan konsentrasi COD dan peningkatan jumlah sel pada tiap bioreaktor selama proses kultivasi. Penurunan COD dan jumlah kepadatan sel tertinggi terdapat pada bioreaktor dengan penambahan volume POME setiap 2 hari, dengan konsentrasi COD pada akhir pengolahan sebesar 750 mg/L dan jumlah kepadatan sel sebesar $4,432 \times 10^6$. Hal ini dikarenakan pada kondisi tersebut komposisi antara mikroalga dan kandungan nutrisi ideal. Menurut Mahdi dkk (2012), penambahan nutrisi setiap 2 hari merupakan kondisi yang ideal karena nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroalga tercukupi sehingga mengakibatkan pertumbuhan mikroalga akan semakin meningkat.

Menurut Istrokhatun dkk (2017), pertumbuhan sel mikroalga berbanding terbalik dengan kandungan COD yang ada dalam POME. Semakin banyak jumlah mikroalga, maka kandungan COD semakin menurun. Hal tersebut dikarenakan sel-sel mikroalga tumbuh dengan memanfaatkan kandungan organik yang terdapat dalam POME. Aerasi juga merupakan salah satu faktor yang mempercepat penurunan polutan limbah cair kelapa sawit. Menurut Restuhadi dkk (2017), aerasi memberikan fungsi yang sama seperti pengadukan. Dengan adanya aerasi, suplai O₂ cahaya matahari dapat mengenai lebih banyak cairan limbah dan pengontakan alga dengan nutrisi pada limbah. Oksigen dibutuhkan untuk membantu proses dekomposisi bahan organik pada limbah cair kelapa sawit, sedangkan cahaya matahari dibutuhkan untuk proses fotosintesis mikroalga *Chlorella sp.*

3.3 PENGARUH PROSES FED-BATCH TERHADAP PENINGKATAN KANDUNGAN KARBOHIDRAT MIKROALGA *Chlorella sp.*

Mikroalga mengandung bahan-bahan yang sangat penting yang sangat bermanfaat, misalnya karbohidrat dan lemak yang bisa dijadikan bioenergi. Metode yang digunakan dalam pengujian karbohidrat adalah metode Nelson-Somogyi. Perhitungan karbohidrat menggunakan alat spektrofotometer dengan panjang gelombang 540 nm. Dari alat tersebut akan dihasilkan nilai absorbansi. Nilai absorbansi yang tinggi menunjukkan tingginya karbohidrat di dalam mikroalga. Setelah didapatkan nilai absorbansi data diolah untuk menghasilkan kadar karbohidrat dari mikroalga. Kandungan karbohidrat yang didapatkan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Waktu Penambahan POME terhadap Peningkatan Karbohidrat *Chlorella sp.*

Berdasarkan penelitian ini, kadar karbohidrat tertinggi didapat pada penambahan medium POME setiap 2 hari sekali yaitu sebesar 190,51 mg/L. Hal ini dikarenakan komposisi antara mikroalga dan nutrisi ideal. Jika mikroalga berada pada lingkungan yang sesuai, maka laju pertumbuhan sel dan metabolisme sel akan meningkat, dengan meningkatnya laju pertumbuhan sel maka biomassa yang dihasilkan akan semakin banyak dan karbohidrat yang dihasilkan akan semakin banyak pula (Hadiyanto dan Azim, 2012). Sedangkan pada penambahan setiap satu hari terjadi kelebihan nutrisi, dimana nutrisi yang ada belum sepenuhnya dimanfaatkan tetapi sudah ditambahkan nutrisi yang baru sehingga menyebabkan pertumbuhan kurang baik dan menghambat proses fotosintesis. Sedangkan pada penambahan POME setiap 3 hari terjadi kekurangan nutrisi karena kandungan nutrisi dalam media semakin menurun yang menyebabkan terjadi persaingan tempat hidup karena semakin banyak jumlah sel sedangkan nutrisi semakin berkurang (Musa et al. 2013).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penyisihan COD terbaik didapat pada penambahan limbah setiap 2 hari yaitu sebesar 750 mg/L, densitas sel $4,432 \times 10^6$ dan kandungan karbohidrat sebesar 190,51 mg/l.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, Mustika., Titik Istirokhotun., dan Sudarno. 2017. Penyisihan Kadar COD dan Nitrat Melalui Kultivasi *Chlorella sp.* dengan Variasi Konsentrasi Limbah Cair Tahu. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 6 (2): 1-9. Semarang.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2017. Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017 Perkebunan Sawit. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Hadiyanto, H., Azimatun Nur, M.M. & Hartanto, G.D., 2012, Cultivation of *Chlorella sp.* as biofuel sources in Palm Oil Mill Effluent (POME). *Int. J. Renew Energ Dev.*, Vol.1(2), May: 45-49.
- Hadiyanto. 2013. Valorisasi Mikroalga Untuk Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit dan

- sebagai Sumber Energi dan Pangan Alternatif. Prosiding Rekayasa Kimia dan Proses. ISSN 1411-4216.
- Ho, S. H., Chen, Y. Di, Chang, C. Y., Lai, Y. Y., Chen, C. Y., Kondo, A., Chang, J. S. 2017. Feasibility of CO₂ mitigation and carbohydrate production by microalga *Scenedesmus obliquus* CNW-N used for bioethanol fermentation under outdoor conditions: Effects of seasonal changes. *Biotechnology for Biofuels*, 10(1), 1–13.
- Istirokhatun., T, Aulia dan Sudarno. 2017. Potensi *Chlorella sp.* untuk Menyisihkan COD dan Nitrat dalam Limbah Cair Tahu. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*. 14(2).
- Mahdi, M. Z., Titisari, Y. N., dan Hadiyanto. 2012. Evaluasi Pertumbuhan Mikroalga dalam Medium POME: Variasi Jenis Mikroalga, Medium dan Waktu Penambahan Nutrien. *Jurnal Teknik Kimia dan Industri*, 1(1):312-319.
- Musa, B., Indah, R., & Seniwati, D. (2013). Pengaruh Penambahan Ion Cu²⁺ Terhadap Laju Pertumbuhan Fitoplankton *Chorella Vulgaris*. *Penelitian. Fakultas MIPA. Universitas Hasannudin, Makasar*.
- Restuhadi, F., Zalfiatri, Y., dan Pringgondani, D.A. 2017. Pemanfaatan Simbiosis Mikroalga *Chlorella sp.* dan Starbat untuk Menurunkan Kadar Polutan Limbah Cair Sagu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 11 (2): 140-153.
- Selvika, Z., A. B. Kusuma., N. E. Herliany., dan B. F. S. P. Negara. 2016. Pertumbuhan *Chlorella sp* pada beberapa konsentrasi limbah batubara. *Jurnal Unsyiah*. 5(3): 107-112.
- Sukaryo., & Sri, S. 2017. Bioetanol Dari Limbah Biji Alpokat Di Kabupaten Semarang. *Chemosphere*, 7(1), 13–19.
- 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.