



EVALUASI PERTUMBUHAN MIKROALGA DALAM MEDIUM POME : VARIASI JENIS MIKROALGA, MEDIUM DAN WAKTU PENAMBAHAN NUTRIENT

Muhammad Zaini Mahdi, Yasinta Nikita Titisari, Hadiyanto *)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Abstrak

Limbah POME adalah limbah yang dihasilkan industri pengolahan minyak kelapa sawit (*crude palm oil/CPO*) yang belum diolah secara maksimal sehingga dapat mencemari lingkungan. Alga dikenal sebagai bioabsorben yang dapat menetralkan kandungan kimia dalam air. Dengan mengolah POME sebagai nutrisi bagi alga, selain dapat memaksimalkan pengolahan limbah untuk menjadi limbah yang tidak berbahaya, produksi alga juga dapat ditingkatkan. Pada percobaan digunakan media pembiakan mikroalga yaitu limbah POME, *fresh water* dan *saline water*. Juga digunakan mikroalga *spirulina*, *nannochloropsis* dan *chlorella* dengan perlakuan tanpa pemberian nutrisi, pemberian nutrisi urea dan atau natrium bikarbonat pada awal dan tiap 2 hari sekali. Percobaan dilakukan dengan penyiapan media, kemudian kultivasi mikroalga sesuai variabel. Lalu pengamatan biomassa, jumlah sel dan pembuatan kurva kalibrasi. Hasil penelitian menunjukkan media pembiakan yang paling baik adalah limbah POME dibandingkan *saline water* dan *fresh water*. Alga yang pertumbuhannya paling baik adalah *Spirulina*, dibandingkan dengan *Chlorella* dan *Nannochloropsis*. Serta penambahan nutrisi 2 hari sekali menunjukkan pertumbuhan alga yang lebih baik daripada penambahan nutrisi pada awal dan tanpa nutrisi.

Kata kunci : limbah POME; mikroalga; *saline water*

Abstract

POME is a liquid waste produced by crude palm oil industry. POME has not been processed optimally and therefore it is problem for environment due to high level of COD and BOD. Algae is known as bioabsorbent which can neutralize pollutants components in the liquid waste. For its growth, microalgae needs nutrients containing carbon, nitrogen, and phosphor. These nutrients are required for photosynthetic to convert carbon source into biomass. POME contains large amount of C, N, P and therefore this research is aimed to study the potential of POME as medium growth of algae *Spirulina*, *Nannochloropsis*, and *Chlorella*. The experiment was done by performing variation of nutrients, type of water, and time of nutrient feeding. The nutrients were urea and sodium bicarbonate. The steps of experiment were preparing the medium, cultivating the microalgae, observing biomass, counting the algae cells, and making calibration curve. The results showed that the best medium for microalgae is POME, *Spirulina* could grow better in the POME medium than *Chlorella* and *Nannochloropsis*, and nutrients added every 2 days was better than adding nutrients in the beginning and without addition of nutrients.

Keywords : POME; microalgae; *fresh water*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan penghasil kelapa sawit terbesar di dunia sejak menggeser Malaysia dari tahta produsen terbesar pada tahun 2006 (Isroi, 2010). Perkembangan yang terus meningkat dalam produksi minyak kelapa sawit (*crude palm oil/CPO*) ini menimbulkan efek samping yang serius terhadap lingkungan. Hal ini berkaitan dengan polusi air yang disebabkan oleh pembuangan limbah pengolahan minyak kelapa sawit (*palm oil mill effluent/ POME*) yang belum diolah secara maksimal sehingga mencemari lingkungan (Puteh, 2007). Dalam kuantitas, diketahui dari 1 ton CPO yang diproduksi, dibutuhkan tidak kurang dari 5 ton kelapa sawit (*Fresh Fruit Bunch*) dan menghasilkan 5-7.5 ton air limbah proses, lebih dari 50% akan menjadi POME. POME yang belum diolah mempunyai kandungan yang terdiri dari 95% air, 0.6-0.7% minyak, dan 4-5% padatan termasuk 2-4% padatan yang tersuspensi. (Ahmad *et al.*, 2006; Ma, 1999).

*) Penulis Penanggung Jawab (Email: hady.hadiyanto@gmail.com)

Budidaya alga dalam limbah merupakan suatu alternatif yang efektif dan efisien. POME yang kaya akan mineral seperti N,P, K dan berbagai mineral lain sangat cocok untuk digunakan sebagai pupuk atau nutrient pada tanaman. Dengan mengolah POME sebagai nutrient bagi alga, selain dapat memaksimalkan pengolahan limbah untuk menjadi limbah yang tidak berbahaya, produksi alga juga dapat ditingkatkan. Untuk itu diperlukan penelitian lebih dalam untuk mengetahui pertumbuhan alga dalam limbah POME.

Dalam penelitian ini akan diteliti potensi limbah POME sebagai medium pertumbuhan mikroalga. Alga yang digunakan terdiri dari 3 macam alga yakni *Spirulina Plantesis*, *Nannochloropsis sp* dan *Chlorella sp*. *Spirulina Plantesis* merupakan mikroalga hijau kebiruan, mengandung berbagai zat gizi seperti protein dapat mencapai 72 %, lipid 8%, karbohidrat 16% (Ogawa,1970). *Nannochloropsis sp*. (air tawar, air laut) merupakan sel berwarna kehijauan, tidak motil, dan tidak berflagel. Selnya berbentuk bola, berukuran kecil dengan diameter 2-4 µm (Chiu *et al*,2009). *Chlorella sp* berbentuk bulat, hidup soliter, berukuran 2-8 µm. Dalam sel *Chlorella* mengandung 50% protein, lemak serta vitamin A, B, D, E dan K, disamping banyak terdapat pigmen hijau (klorofil) yang berfungsi sebagai katalisator dalam proses fotosintesis. Fotosintesis merupakan proses biokimia penting pada tumbuhan mikroalga, dan beberapa bakteri untuk mengubah energi matahari menjadi energi kimia. Mikroalga menangkap energi dari sinar matahari selama proses fotosintesis dan menggunakannya untuk mengubah substansi anorganik menjadi senyawa gula sederhana (Diharmi, 2001).

Dalam penelitian ini nantinya akan didapatkan beberapa hal di antaranya adalah: kondisi optimum untuk pertumbuhan mikroalga dalam POME, kemampuan hidup bagi mikroalga dalam POME, kandungan unsur N, P dan K dalam limbah POME sebagai media pertumbuhan dan perkembangan mikroalga.

2. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan adalah mikroalga *Spirulina*, *Nannochloropsis*, dan *Chlorella* yang diperoleh dari Balai Budidaya Air Payau (BPAP) Jepara, Palm Oil Mill Effluent (POME) yang diperoleh dari PT. Perkebunan Nusantara VII Lampung, Sumatra. Serta nutrien yang terdiri dari urea dan natrium bikarbonat diperoleh dari toko bahan kimia Semarang. Variabel berubah yang digunakan adalah : medium pertumbuhan (limbah POME, fresh water, saline water), jenis mikroalga (*Spirulina*, *Nannochloropsis*, *Chlorella*), jenis nutrien (tanpa penambahan nutrien, penambahan urea, penambahan natrum bikarbonat, penambahan keduanya), waktu penambahan (di awal, setiap 2 hari sekali). Karakteristik POME sebagai berikut :

Tabel 1. Karakteristik POME (Sertifikat hasil Uji Laboratorium Penguji dan Kalibrasi Balai Riset dan Standarisasi Industri Bandar Lampung, 2010)

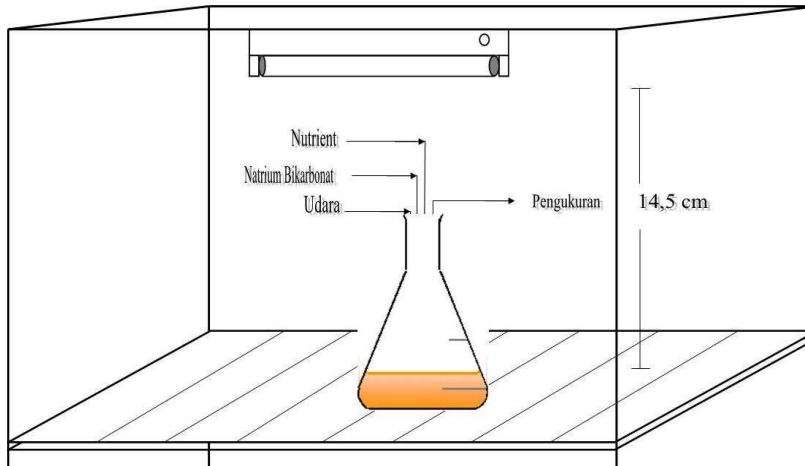
No	Parameter	Satuan	Metode Uji	Hasil Uji
1	pH	-	SNI 06-698911-2004	8,29
2	BOD ₅	Mg/L	Lovibond Method	809
3	COD	Mg/L	Colorimetric	1620
4	N total	Mg/L	Persulfate digestion	284,4
5	NH ₃ -N	Mg/L	Spektrofotometri	197,5
6	Minyak dan lemak	Mg/L	SNI 06-698910-2004	0,63
7	Tembaga (Cu)	Mg/L	Spektrofotometri	0,08
8	Timbal (Pb)	Mg/L	Spektrofotometri	0,008
9	Seng (Zn)	Mg/L	Spektrofotometri	0,04
10	Cadmium (Cd)	Mg/L	Spektrofotometri	0,011
11	Fosfor (P)	Mg/L	Spektrofotometri	80

a. Pembuatan Media POME 5x Pengenceran Basis 900 ml

Mencampurkan aquadest sebanyak 720 ml dan POME 180 ml ke dalam erlenmeyer 1000 ml. berdasarkan rumus : $M_1.V_1 = M_2.V_2$

b. Kultivasi Mikroalga

Masukkan Media POME 5x Pengenceran ke dalam Erlenmeyer 1000 ml. Lalu masukkan Mikroalga sebanyak 10 % V, yaitu 100 ml ke dalam erlenmeyer serta tambahkan nutrien sesuai dengan variabel. Aerasi kultivasi mikroalga tersebut, tambahkan cahaya secukupnya dan atur suhu lingkungan 25 – 30 °C. Ukur Optical density dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 680 nm setiap hari selama 7 hari.



Gambar 1. Gambar Alat Percobaan

c. Penghitungan Biomassa

Timbang kertas saring kosong (W_1). Kemudian saring mikroalga dalam medianya dengan bantuan pompa vakum, keringkan kertas saring tersebut dengan oven pada suhu $50\text{ }^\circ\text{C}$ selama 30 menit. Setelah kering, timbang kertas saring tersebut (W_2) dan Biomassa kering yang didapat (gram/L) = $W_2(\text{gram/L}) - W_1(\text{gram/L})$

d. Penghitungan Jumlah Sel Mikroalga

Siapkan mikroskop dan haemositometer yang akan digunakan lalu bersihkan haemositometer menggunakan alcohol 70 %. Kemudian ambil sampel menggunakan pipet tetes dan teteskan 1ml sampel ke haemositometer. Pasang haemositometer pada mikroskop lalu hitung jumlah sel yang ada.

e. Pembuatan Kurva Kalibrasi Antara Optical Density dengan Berat Biomassa

Membuat kurva kalibrasi saat OD masing – masing kultivasi mikroalga sama dengan 0,5-0,1. Kemudian timbang berat kertas saring kosong (W_1) lalu saring biomassa mikroalga dalam POME dengan pompa vakum. Setelah itu keringkan kertas saring dan biomassa tersebut dengan oven. Timbang kertas saring dan biomassa yang sudah kering tersebut (W_2). Dan didapatkan biomassa (gram) = $W_2(\text{gram}) - W_1(\text{gram})$. Lakukan langkah di atas untuk OD sama dengan 0,5- 0,1

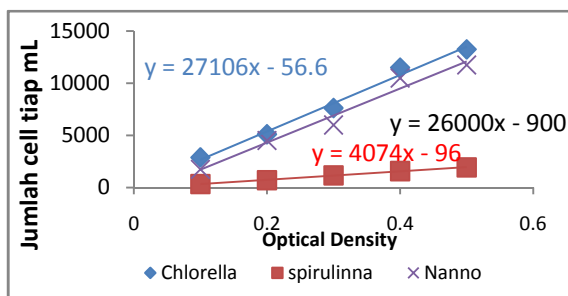
f. Membuat kurva kalibrasi antara Optical Density dengan Jumlah Sel

Membuat kurva kalibrasi saat OD masing – masing kultivasi mikroalga sama dengan 1 lalu hitung jumlah sel tiap jenis mikroalga yang ada dalam POME. Kemudian lakukan langkah di atas untuk OD sama dengan 0,5-0,1

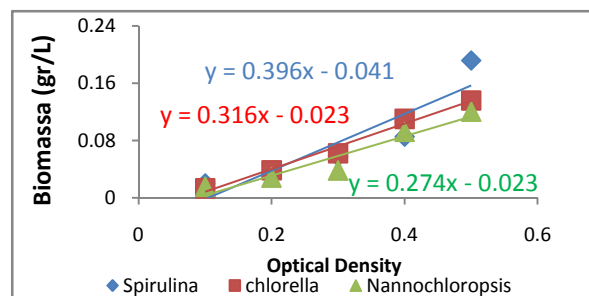
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kurva Kalibrasi Mikroalga

Untuk mendapatkan hubungan antara biomass (*dry weight*) yang dihasilkan dan jumlah sel dalam larutan untuk tiap optical densitinya diperlukan suatu kurva kalibrasi. Dari hasil percobaan yang diperoleh, kurva kalibrasi untuk mikroalga *Spirulina*, *Chlorella*, *Nannochloropsis* dapat ditunjukkan pada gambar 1 dan 2 berikut:



Gambar 2. Grafik OD vs Biomassa



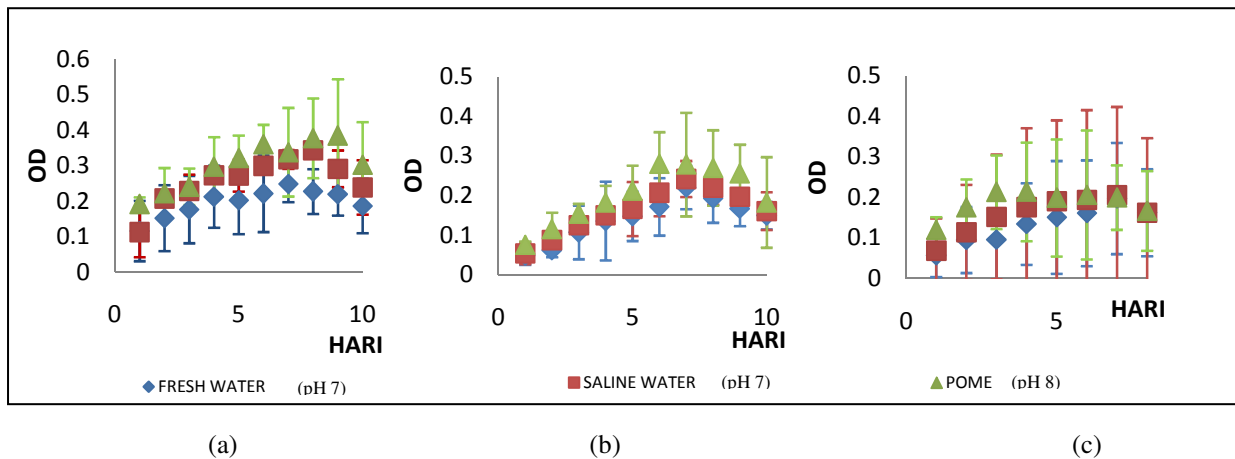
Gambar 3. Grafik OD vs Jumlah sel

Tabel 2. Hubungan antara Optical Density, Biomassa (gr/L), dan Jumlah Sel (tiap mL)

Jenis Alga	Hubungan dengan OD ₆₈₀		Hubungan Biomassa dengan Jumlah sel
	Biomassa (gr/L)	Jumlah sel (tiap mL)	
Spirulina	0,396. OD ₆₈₀	4704. OD ₆₈₀	Biomassa (gr/L) = $(9,72 \cdot 10^{-5}) \times$ (Jumlah sel/mL)
Nannochloropsis	0,274. OD ₆₈₀	26000. OD ₆₈₀	Biomassa (gr/L) = $(1,05 \cdot 10^{-5}) \times$ (Jumlah sel/mL)
Chlorella	0,316. OD ₆₈₀	27106. OD ₆₈₀	Biomassa (gr/L) = $(1,16 \cdot 10^{-5}) \times$ (Jumlah sel/mL)

Dari Gambar 2 dan 3 diatas dapat terlihat bahwa Optical Density (OD) berbanding lurus dengan biomass dan jumlah sel nya. Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa pada optical density (OD) yang sama, biomassa yang dihasilkan oleh *Spirulina* merupakan yang terbesar, disusul *Chlorella*, dan terakhir yang paling rendah adalah *Nannochloropsis*. Sedangkan ditunjukkan pada gambar 3, *Spirulina* justru memiliki jumlah sel tiap mililiter yang paling sedikit diantara *Chlorella* dan *Nannochloropsis*. Hal ini disebabkan ukuran dari *Spirulina* (panjang 200-300 µm dan lebar 5-70 µm) yang lebih besar dari *Chlorella* (diameter 2-8 µm) dan *Nannochloropsis* (2-4 µm) sehingga untuk mencapai optical density atau kerapatan yang sama jumlah sel dari *Spirulina* tidak sebanyak *Chlorella* dan *Nannochloropsis*. Dan dari ukuran tersebut dapat disimpulkan untuk optical density atau kerapatan yang sama, biomassa yang dihasilkan oleh *Spirulina* lebih tinggi daripada *Chlorella* dan *Nannochloropsis*. Sedangkan bila dibandingkan *Chlorella* menghasilkan biomassa yang lebih tinggi dari *Nannochloropsis* selain karena ukuran / diameter yang lebih besar, jumlah sel *Chlorella* pada optical density atau kerapatan yang sama lebih tinggi dari *Nannochloropsis*.

3.2. Pengaruh Media terhadap Pertumbuhan Mikroalga



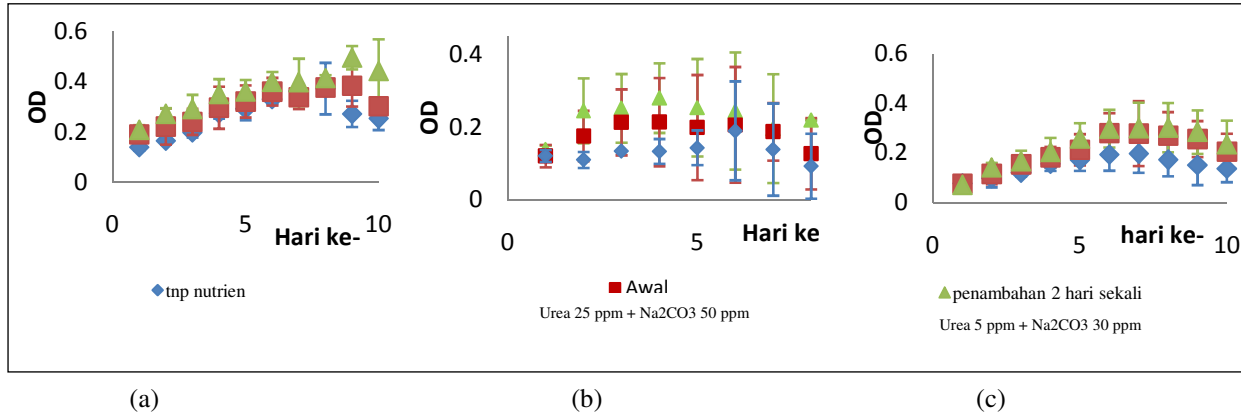
Gambar 4. Grafik Pengaruh Media terhadap Pertumbuhan Mikroalga : (a) *Nannochloropsis*, (b) *Spirulina*, (c) *Chlorella*

Pada Gambar 4, dapat diketahui perbandingan antara pengaruh penambahan nutrient pada medium limbah POME dan medium fresh serta saline water dengan penambahan nutrient di awal percobaan. Pada grafik hasil percobaan, dapat dilihat bahwa pertumbuhan mikroalga *Spirulina*, *Chlorella*, dan *Nannochloropsis* dalam limbah POME lebih tinggi daripada mikroalga yang dibiakkan dalam media fresh dan saline water. Hal ini disebabkan oleh karena kebutuhan nutrient yang dibutuhkan mikroalga cukup besar, yaitu perbandingan massa C : N ; P = 56 : 9 : 1 (Kim-Chong and Siew-Moi, 1988), sedangkan limbah POME yang digunakan, mengandung nutrient (C, N, P) yang cukup besar pula, yaitu perbandingan massa C : N ; P = 34 : 16 : 1 (Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi Balai Riset dan Standarisasi Industri Bandar Lampung, 2010). Sedangkan dalam medium fresh dan saline water tidak mengandung unsur nutrient yang dibutuhkan mikroalga.

Pada Gambar 4 juga menunjukkan bahwa mikroalga yang tumbuh dalam saline water memiliki laju pertumbuhan lebih tinggi daripada mikroalga yang hidup dalam fresh water. Hal ini disebabkan ketiga jenis mikroalga ini paling optimum hidup dalam kondisi salinitas 5 – 15 ppm (Anon, 2009; Hirata, 1981). Sedangkan saline water yang digunakan dalam percobaan mengandung salinitas 10 ppm. Kondisi ini menyebabkan mikroalga yang hidup dalam saline water memiliki laju pertumbuhan yang lebih tinggi.

Pada Gambar 4, dapat diketahui pula bahwa laju pertumbuhan mikroalga yang hidup dalam media POME lebih tinggi daripada mikroalga yang hidup dalam media saline water. Hal ini disebabkan oleh limbah POME yang juga mengandung nutrient yang cukup tinggi untuk mencukupi kebutuhan nutrisi yang dibutuhkan mikroalga. Sedangkan saline water tidak mengandung nutrient yang dibutuhkan mikroalga. Sehingga nutrient sangat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan mikroalga.

3.3. Pengaruh Waktu Penambahan Nutrien terhadap Pertumbuhan Mikroalga



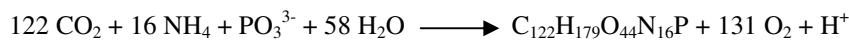
Gambar 5. Grafik Pengaruh Penambahan Nutrien terhadap Pertumbuhan Mikroalga : (a) *Nannochloropsis*, (b) *Spirulina*, (c) *Chlorella*

Pada Gambar 5, dapat diketahui bahwa waktu penambahan nutrient yang berbeda mempengaruhi laju pertumbuhan mikroalga. Laju pertumbuhan pada penambahan nutrient setiap dua hari sekali lebih tinggi daripada penambahan nutrient di awal atau tanpa penambahan nutrient. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan nutrient yang dibutuhkan mikroalga cukup besar, yaitu perbandingan massa C : N ; P = 56 : 9 : 1 (Kim-Chong and Siew-Moi, 1988), sedangkan nutrient yang ada pada POME kurang mencukupi kebutuhan nutrient mikroalga, yaitu perbandingan massa C : N ; P = 34 : 16 : 1 (Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi Balai Riset dan Standarisasi Industri Bandar Lampung, 2010). Sehingga pada penambahan nutrient setiap dua hari, suplai nutrient tambahan yang dibutuhkan mikroalga lebih berlimpah. Hal ini mengakibatkan pertumbuhan alga dengan penambahan nutrient setiap dua hari lebih tinggi daripada dengan penambahan nutrient di awal maupun tanpa nutrient.

3.3.1. Perhitungan penambahan nutrient pada mikroalga

Sama seperti tumbuhan lainnya, mikroalga juga memerlukan tiga komponen penting untuk tumbuh, yaitu sinar matahari, karbon dioksida dan air. Mikroalga menggunakan sinar matahari untuk menjalankan proses fotosintesis. Energi dari sinar matahari selama proses fotosintesis digunakan untuk mengubah substansi anorganik menjadi senyawa gula sederhana. Reaksi fotosintesis mikroalga dapat ditunjukkan dengan persamaan reaksi berikut (Shelef, 1976; Edwards, 1980) :

Reaksi :



Pada percobaan didapat hasil biomassa yang maksimal adalah 0,2 gram/L. Maka dengan asumsi bahwa biomassa yang dihasilkan sebanding dengan produk $\text{C}_{122}\text{H}_{179}\text{O}_{44}\text{N}_{16}\text{P}$ maka dengan perhitungan perbandingan mol didapatkan kebutuhan nutrient C (pada CO_2) dan N (pada NH_4) adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Kebutuhan Nutrien Optimum

Nutrien	Berat yang dibutuhkan (gram/L)
C	0,102
N	0,016

Pada percobaan diberikan beberapa perlakuan yaitu kultivasi dengan medium POME, saline water dan fresh water. POME mengandung unsur C, N, P yang dibutuhkan mikroalga. Media POME yang digunakan memiliki perbandingan C : N : P = 34 : 16 : 1 (Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi Balai Riset dan Standarisasi Industri Bandar Lampung, 2010), sedangkan untuk pertumbuhan mikroalga yang optimum pada media POME 20 % tersebut dibutuhkan perbandingan C : N : P = 56 : 9 : 1 (Kim-Chong and Siew-Moi, 1988). Sehingga dapat

dihitung kebutuhan nutrisi yang perlu ditambahkan adalah perbandingan antara selisih perbandingan kadar nutrisi (C,N,P) dan perbandingan nutrisi optimum dikali dengan kebutuhan nutrisi yang dibutuhkan.

Pada medium POME, nutrisi yang diberikan selain didapatkan dari medium juga didapat dari nutrisi yang ditambahkan yakni NaHCO_3 dan $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Pada penambahan awal diberikan NaHCO_3 sebesar 50 ppm dan $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ sebesar 25 ppm sehingga dapat dihitung kadar C dan N yang ditambahkan dengan perbandingan massa relatif masing-masing unsur. Sedangkan pada penambahan 2 hari sekali diberikan NaHCO_3 sebesar 30 ppm dan $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ sebesar 5 ppm sehingga dapat dihitung kadar C dan N yang ditambahkan dengan perbandingan massa relatif masing-masing unsur. Pada perhitungan penambahan nutrisi 2 hari sekali lebih dikonsentrasikan pada penambahan ke 3 (pada hari ke -6 atau ke-7), dikarenakan pada hari tersebut merupakan titik puncak pertumbuhan mikroalga.

Pada tabel karakteristik POME (lihat tabel 1) disebutkan besar tiap-tiap parameter yang terdapat pada tiap liter POME seperti COD yang menunjukkan kadar C, N total dan Fosfor (P). Dari data tersebut melalui perhitungan didapatkan perbandingan C : N : P yang terdapat pada medium POME adalah 34 : 16 : 1. Menurut Kim-Chong dan Siew-Moi, perbandingan massa yang optimal untuk pertumbuhan mikroalga adalah C : N : P = 56 : 9 : 1. Hal ini menunjukkan tidak diperlukannya penambahan nutrisi N, dikarenakan sudah tercukupi dari POME tetapi masih memerlukan penambahan nutrisi C. Pada perhitungan didapatkan hasil bahwa penambahan nutrisi 2 hari sekali memiliki kebutuhan nutrisi C yang paling mendekati kebutuhan C optimal untuk pertumbuhan mikroalga. Selanjutnya yang paling mendekati optimal adalah perlakuan penambahan nutrisi pada awal kemudian diikuti perlakuan tanpa penambahan nutrisi.

Pada medium saline dan fresh water tidak memiliki kandungan C, N, maupun P sehingga nutrisi yang dibutuhkan mikroalga murni hanya didapatkan dari penambahan nutrisi yang dilakukan 2 hari sekali. Penambahan nutrisi menggunakan NaHCO_3 30 ppm dan Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 5 ppm sehingga dapat dihitung kadar C dan N yang ditambahkan dengan perbandingan massa relatif masing-masing unsur.

Tabel 4. Jumlah Nutrisi pada Masing-Masing Perlakuan

Medium	Nutrisi (NaHCO_3 dan $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)	Berat yang diberikan (gram/L)	
		C	N
POME	Tanpa penambahan	0,062	0,028
	Penambahan awal	0,074	0,04
	Penambahan 2 hari sekali	0,077	0,034
	Saline water	0,025	0,01
	Fresh water	0,025	0,01

Pada perlakuan tanpa nutrisi terlihat nutrisi C kurang dapat memenuhi kebutuhan dari mikroalga, sedangkan nutrisi N pada POME sudah melebihi kadar optimum sehingga pertumbuhannya menjadi lebih rendah daripada perlakuan dengan penambahan penambahan awal dan penambahan 2 hari sekali.

Pada penambahan awal, nutrisi C yang diberikan kurang dari yang dibutuhkan (< 0,102 gram) dan nutrisi N yang ada pada medium POME juga sudah melebihi kadar N yang optimum (< 0,04 gram). Nutrisi C yang mendekati kadar yang diperlukan, menjadikan perlakuan penambahan awal memiliki pertumbuhan yang lebih baik daripada mikroalga pada medium tanpa nutrisi, tetapi karena kelebihan kadar N yang besar mengakibatkan pertumbuhannya menjadi kurang baik dibandingkan dengan pertumbuhan mikroalga pada perlakuan penambahan nutrisi 2 hari sekali.

Pada penambahan 2 hari sekali, hari ke-6 / ke-7 merupakan puncak dari pertumbuhan mikroalga, hal ini dikarenakan kadar C lebih mendekati kadar optimum (0,102 gram) daripada 2 perlakuan yang lain. Jadi, pertumbuhan mikroalga pada penambahan nutrisi setiap 2 hari sekali lebih tinggi daripada pertumbuhan mikroalga pada penambahan nutrisi di awal dan pada perlakuan tanpa nutrisi.

Pada medium saline dan fresh water nutrisi yang ditambahkan memiliki jumlah yang sama besar, tetapi pada saline water pertumbuhan mikroalga lebih baik daripada pertumbuhan mikroalga pada fresh water. Hal ini dikarenakan, saline water merupakan habitat dari mikroalga, sehingga pertumbuhan mikroalga pada medium saline lebih tinggi daripada medium fresh water.

3.4. Laju Pertumbuhan Mikroalga (μ)

Tabel 5. Laju Pertumbuhan Mikroalga

MEDIUM		NUTRIEN	μ (1/hari)			OD max			
			N	S	C	N	S	C	
POME	Penambahan di awal	Urea	0.091	0.172	0.118	0.331	0.353	0.147	
		NaHCO ₃	0.067	0.171	0.151	0.365	0.324	0.215	
		Urea + NaHCO	0.095	0.221	0.192	0.384	0.278	0.214	
		Mean	0.084	0.188	0.154	0.36	0.318	0.192	
	Penambahan 2 hari sekali	Urea	0.059	0.201	0.169	0.333	0.318	0.268	
		NaHCO ₃	0.056	0.199	0.133	0.422	0.29	0.251	
		Urea + NaHCO	0.108	0.229	0.201	0.496	0.302	0.28	
		Mean	0.074	0.21	0.168	0.417	0.303	0.266	
	Tanpa Nutrien			0.028	0.153	0.092	0.274	0.197	0.19
	Fresh Water + Nutrien			0.085	0.159	0.118	0.249	0.22	0.197
	Saline Water + Nutrien			0.087	0.165	0.128	0.278	0.242	0.206

Keterangan :

N : *Nannochloropsis*

S : *Spirulina*

C : *Chlorella*

Pada Tabel 5, dapat dilihat bahwa laju pertumbuhan mikroalga pada medium POME dengan penambahan nutrient lebih tinggi daripada tanpa penambahan nutrient. Nutrien yang ditambahkan pada media adalah urea dan Natrium bikarbonat. Penambahan nutrient ini sebagai tambahan pada media pembiakan alga karena karena nutrient yang ada pada POME akan berkurang seiring tumbuhnya mikroalga.

Berdasarkan Tabel 5, pertumbuhan mikroalga *Spirulina platensis* mengalami pertumbuhan yang paling baik, terutama dalam limbah POME dibandingkan kedua mikroalga yang lain yakni *Nannochloropsis* dan *Chlorella*. Hal ini dapat terlihat dari nilai growth rate yang paling tinggi, yaitu OD yang selalu mengalami kenaikan sebanding dengan bertambahnya waktu.

Hal ini dikarenakan *S. platensis* adalah mikroalga yang mampu tumbuh dalam berbagai kondisi pertumbuhan.. Meskipun sianobakteri ini termasuk mikroba fotoototrof, mikroba ini mampu tumbuh secara mikсотrof dan heterotrof (Aiba & Ogawa, 1977; Marquez, 1993). Pada kedua kondisi pertumbuhan terakhir ini, mikroalga tumbuh dengan memanfaatkan gula sebagai sumber karbon (Marquez., 1995), dan hidrolisat protein sebagai sumber karbon dan nitrogen (Singh, 1995). Nutrien – nutrient yang dibutuhkan mikroalga ini tersedia cukup besar di dalam limbah POME. Karbon merupakan nutrient utama yang dibutuhkan *Spirulina*, dan di dalam limbah POME ketersediaan karbon cukup banyak (Vonshak, 1997).

Dengan penambahan nutrient NaHCO₃ dalam jumlah yang sama, mikroalga *Chlorella* memiliki laju pertumbuhan yang lebih tinggi daripada mikroalga *Nannochloropsis*. Hal ini disebabkan oleh *Chlorella* memiliki toleransi yang lebih tinggi terhadap kebutuhan akan CO₂ dibandingkan *Nannochloropsis* (Maeda, 1995). Sedangkan untuk *Nannochloropsis*, ketersediaan CO₂ yang terlalu besar akan menghambat pertumbuhannya (Chiu, 2009).

3.5. Pengaruh Limbah POME terhadap Kebutuhan Nutrien Mikroalga

Pada hasil percobaan, dapat diketahui bahwa limbah POME dapat mereduksi kebutuhan nutrient yang dibutuhkan mikroalga. Limbah POME mengandung unsur nutrient yang dibutuhkan mikroalga cukup besar, yaitu dengan perbandingan massa C : N ; P = 34 : 16 : 1 (Laboratorium Penguji dan Kalibrasi Balai Riset dan Standarisasi Industri Bandar Lampung, 2010). Sedangkan mikroalga sendiri membutuhkan nutrient dalam jumlah yang besar, seperti C, N, dan P yaitu perbandingan massa C : N ; P = 56 : 9 : 1 (Kim-Chong and Siew-Moi, 1988). Dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Nutrien C} : \frac{34}{56} \times 100 \% = 60,7 \%$$

$$\text{Nutrien N} : \frac{16}{9} \times 100 \% = 177,7 \%$$

Perhitungan di atas menunjukkan kebutuhan nutrient mikroalga yang hidup dalam limbah POME dapat direduksi dengan adanya kandungan nutrient yang cukup besar dalam limbah POME yaitu untuk nutrient C sebesar 60,7 % dan untuk nutrient N sebesar 177,7 %, yang membantu menyuplai kebutuhan nutrient mikroalga sehingga POME lebih efisien digunakan sebagai medium pertumbuhan mikroalga.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

- a. Laju pertumbuhan mikroalga yang tumbuh dalam medium POME (pH 8) lebih tinggi daripada mikroalga yang tumbuh dalam medium saline water (salinitas 10 ppm; pH 7), sedangkan laju pertumbuhan mikroalga yang tumbuh dalam medium freshwater salinitas lebih tinggi daripada mikroalga yang ada dalam fresh water (salinitas 0 ppm, pH 7).
- b. Laju pertumbuhan mikroalga pada penambahan nutrient tiap dua hari sekali (urea 5 ppm dan Na₂CO₃ 30 ppm) lebih tinggi daripada penambahan nutrient di awal (urea 25 ppm dan Na₂CO₃ 50 ppm), sedangkan laju pertumbuhan mikroalga pada penambahan nutrient di awal lebih tinggi daripada tanpa penambahan nutrient.
- c. Mikroalga *Spirulina* merupakan mikroalga yang mengalami pertumbuhan yang paling baik dibandingkan dengan mikroalga *Nannochloropsis* dan *Chlorella*.
- d. Kebutuhan nutrient mikroalga dapat direduksi dengan adanya kandungan nutrient yang cukup besar dalam limbah POME yaitu untuk nutrient C sebesar 60,7 % dan untuk nutrient N sebesar 177,7 %.

4.2. Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kondisi optimum pertumbuhan mikroalga dalam limbah POME, yaitu dengan pengenceran POME yang lebih kecil serta pengujian kandungan protein, sehingga pemanfaatannya dapat dilakukan dalam skala komersial.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Bioproses atas kontribusinya sebagai tempat penelitian ini.

6. Daftar Pustaka

- Aiba, Shuichi. 1977. *Assessment of Growth Yield of a Blue-green Alga, Spirulina Plantesis, in Axenic and Continuous Culture*. Japan : Department of Fermentation Osaka University.
- Anon. 2008. *Nannochloropsis sp.* Dalam <http://ekawiguna.wordpress.com/2009/12/13/nannochloropsis-sp/>
- Chiu, S.Y., C.Y. Kao, S.C.Ong, C.H. Chen, C.S.Lin. 2009. *Lipid Accumulation and CO₂ Utilization of Nannochloropsis oculata in Response to CO₂ Aeration*. *Bioresource Technology*, 100 (2) : 833-838.
- Hirata. 1981. *Kultur Fitoplankton (Chlorella sp dan Tetraselmis chuii) pada Skala Laboratorium*. Dalam : http://resources.unpad.ac.id/unpad-content/uploads/publikasi_dosen/KULTUR%20FITOPLANKTON.PDF
- Isroi. 2009. *Oil Palm Mill Waste*. Jakarta : Wordpress
- Kim-Chong and Siew-Moi. 1988. *Algal Biomass Production in Digested Palm Oil Mill Effluent*. Malaysia : University of Malaya.
- Maeda, K., M. Owada, N. Kimura, K. Omata, I. Karube. 1995. *CO₂ Fixation from The Flue Gas on Coal Fired Thermal Power Plant by Microalgae*. *Energy convers.*, 75 : 119-126.
- Marquez F. J. 1993. *Growth Characteristics of Spirulina plantesis in Mixotrophic and Heterotrophic Conditions*. *J. Ferment Bioeng* 76 : page 408-410.
- Ogawa, Takahira. 1970. *Studies on the Growth of Spirulina plantesis*. *Journal of Fermentation Technology* 48, page 361-367.
- Puteh, M. Hafiz, M. Ariffin Abu Hassan. 2007. *Pre-Treatment of Palm Oil Mill Effluent (POME): A Comparison Study Using Chitosan and Alum*. *Malaysian Journal of Civil Engineering* 19(2): 128-141(2007)
- Singh, G., Huan, L.K., Leng, T. and Kow, D.W. 1999. *Oil palm and the environment*. SDN. Bhd, Kuala Lumpur
- Vonshak. 1997. *Spirulina Plantesis Growth in pen Raceway Ponds Using Fresh Water Supplemented with carbon, nitrogen, and metal ions*. Brasil : Rio Grande do Sul.
- Yusoff, F.M. and S.Y. Chan. 1997. *Nutrient Status of Palm Oil, Rubber and Domestic Effluents and Their Effects on Algae Growth*. *Jurnal of Bioscience* 8 : 42-50.