

PRODUKTIVITAS MINYAK DAN KANDUNGAN ASAM LEMAK *Thalassiosira* sp. YANG DIKULTIVASI DENGAN MAKRONUTRIEN PUPUK

Rosmaya Dewi

STIKes Bakti Tunas Husada, Jl. Cilolohan No. 36 Kota Tasikmalaya 46115

E-mail: rosmayadewi@stikes-bth.ac.id.

Diterima: 11 April 2017. Disetujui: 23 Juli 2017. Dipublikasikan: 30 Juli 2017

Abstract: Previous study showed that the diatom *Thalassiosira* sp. was potential as a source of biodiesel fuel from lipids (oils). To determine biomass productivity as well as oil productivity in large-scale outdoor photobioreactors, the present study investigated the biomass production and optimization of growth macronutrients medium composition from fertilizers. The oils were extracted in chloroform: methanol (1:1) and analyzed by the GC-FID method. The results showed that the best medium composition to grow algal cells contained fertilizers of TSP-36 and Si-P-(PG) with a final concentration of each 10 mg/L with the highest cell density was 3.00×10^6 cells/mL and 4.90×10^6 cells/mL, respectively. The average of biomass productivity as well as and oil productivity of *Thalassiosira* sp. cultivated in the outdoor photobioreactors was 0.08 g/L culture/d and 22.50 μ L/L culture/d, respectively. *Thalassiosira* sp. oil contained fatty acids of 0.30 mg/g capric acid (C10:0), 0.18 mg/g lauric acid (C12:0), 0.23 mg/g palmitic acid (C16:0), 0.50 mg/g stearic acid (C18:0), and 0.52 mg/g oleic acid (C18:1).

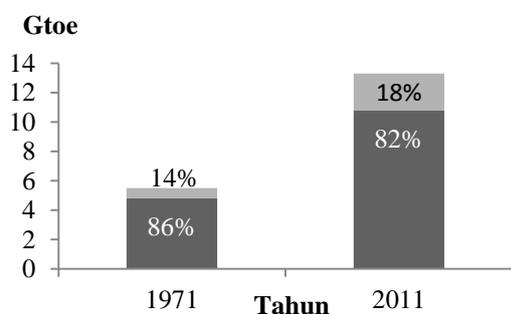
Keywords: *Thalassiosira* sp.; fertilizer; large-scale outdoor photobioreactor; oil; fatty acid.

Abstrak: Pada penelitian terdahulu menunjukkan bahwa diatom *Thalassiosira* sp. berpotensi sebagai sumber penghasil bahan bakar biodiesel dari lipid (minyak). Untuk menentukan produktivitas biomassa dan minyak skala besar di luar ruang, Pada penelitian ini diteliti produktivitas biomassa dan optimalisasi komposisi medium pertumbuhan dari pupuk. Minyak diekstraksi dalam kloroform:methanol (1:1) dan dianalisis dengan metode GC-FID. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi medium pertumbuhan alga terbaik mengandung TSP-36 10 mg/L dan Si-P-(PG) 10 mg/L kultur dengan kerapatan sel tertinggi adalah $3,00 \times 10^6$ sel/mL dan $4,90 \times 10^6$ sel/mL. Produktivitas biomassa rata-rata dan produktivitas minyak dari *Thalassiosira* sp. yang dikultivasi di luar ruang berturut-turut adalah 0,08 g/L kultur/hari dan 22,50 μ L/L kultur/hari. Minyak *Thalassiosira* sp. mengandung asam lemak yaitu asam kaprat (C10:0) 0,30 mg/g, asam laurat (C12:0) 0,18 mg/g, asam palmitat (C16:0) 0,23 mg/g, asam stearat (C18:0) 0,50 mg/g, dan asam oleat (C18:1) 0,52 mg/g.

Kata kunci: *Thalassiosira* sp.; pupuk; fotobioreaktor skala besar di luar ruang; minyak; asam lemak.

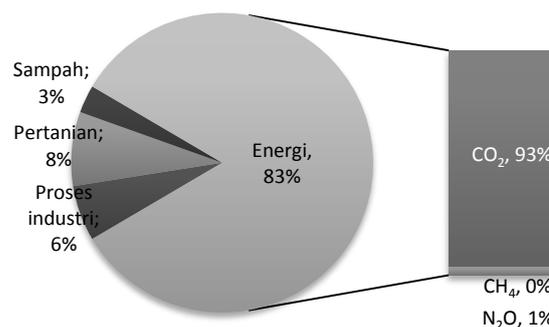
PENDAHULUAN

Energi dari sumber yang dapat diperbaharui sangat penting seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi, keterbatasan sumber energi dari fosil serta dampak negatif sumber energi dari fosil terhadap lingkungan. Menurut proyeksi Badan Energi Dunia (*International Energy Agency-IEA*), hingga 2030 permintaan energi dunia meningkat sebesar 45% atau rata-rata mengalami peningkatan sebesar 1,6% per tahun. Sebagian besar atau sekitar 80% kebutuhan energi dunia tersebut dipasok dari bahan bakar fosil (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2011).

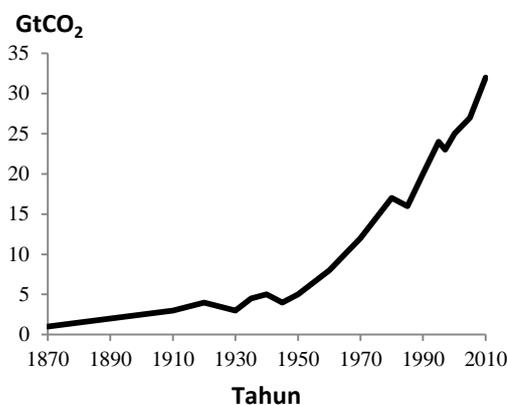


Gambar 1. Suplai Utama Energi Dunia (Sumber: *The International Energy Agency-IEA*, 2013)

Bahan bakar fosil memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Pada Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa sebagian besar gas rumah kaca terutama CO₂ berasal dari penggunaan energi fosil. Sejak 1870, emisi CO₂ meningkat signifikan.



Gambar 2 Kontribusi Emisi Gas Rumah Kaca (Sumber: *The International Energy Agency-IEA*, 2013)



Gambar 3 Kecenderungan Emisi Gas CO₂ dari Pembakaran Bahan Bakar Fosil (Sumber: *The International Energy Agency-IEA*, 2013)

Berdasarkan hal tersebut, diperlukan alternatif sumber energi yang dapat menggantikan bahan bakar fosil serta aman bagi lingkungan. Salah satu alternatif sumber energi tersebut adalah mikroalga. Mikroalga merupakan mikroorganisme fotosintetik. Dalam pencarian sumber daya terbarukan, mikroalga semakin mendapat perhatian karena laju pertumbuhan tinggi, fiksasi CO₂ tinggi dan tidak memerlukan area

pertumbuhan tanah yang subur (Schampelaire dan Verstraete, 2009). Mikroalga dapat menjadi pilihan karena memiliki kandungan minyak yang dapat dikonversi menjadi biodiesel.

Tabel 1 Perbandingan Mikroalga dengan Bahan Baku Biodiesel Lain

Sumber tanaman	Kandungan minyak (% berat kering)	Produktivitas minyak (L/ha tahun)	Produktivitas biodiesel (Kg/ha tahun)
Jagung	44	172	152
Rami	33	363	321
Kedelai	18	636	562
Jaropha	28	741	656
Camelina	42	915	809
Canola	41	974	862
Bunga matahari	40	1070	946
Castor	48	1307	1156
Minyak palm	36	5366	4747
Mikroalga (kandungan minyak rendah)	30	58.700	51.927
Mikroalga (kandungan minyak sedang)	50	97.800	86.515
Mikroalga (kandungan minyak tinggi)	70	36.900	121.104

(Sumber: Mata dkk., 2010)

Pada penelitian ini, mikroalga yang digunakan adalah diatom *Thalassiosira* sp. yang merupakan mikroalga laut tropis. Oleh karena itu, sebagai negara beriklim tropis, Indonesia memiliki potensi yang besar untuk mengembangkan energi alternatif dari mikroalga ini karena memiliki garis

pantai yang panjang dan jumlah pulau-pulau kecil yang banyak.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga yaitu intensitas cahaya, medium, aerasi, suhu, pH dan salinitas. Untuk produksi di dalam ruang dengan skala kecil, biasanya digunakan medium Walne yang memiliki komposisi lengkap dan sumber cahaya berasal dari lampu TL. Namun, medium Walne tidak cocok untuk produksi skala besar karena harganya mahal. Pada penelitian ini, produksi mikroalga dalam skala besar diteliti dengan memanfaatkan sumber cahaya matahari dan menggunakan medium pertumbuhan dengan makronutrien dari pupuk yang jauh lebih murah.

METODE

Penyiapan Kultivasi Mikroalga

Inokulum mikroalga *Thalassiosira* sp. diperoleh dari laboratorium biokimia, jurusan kimia FMIPA Institut Teknologi Bandung. Medium Walne dan medium dengan makronutrien dari pupuk disterilisasi dengan cara diautoklaf pada 121 °C tekanan 15 psi. Sterilisasi air laut untuk kultivasi di dalam ruang dilakukan dengan penyaringan menggunakan kertas saring dan diautoklaf pada 121 °C tekanan 15 psi. Adapun air laut untuk kultivasi di luar ruang disaring

menggunakan saringan yang terbuat dari lapisan busa, batu, dan kerikil kemudian air laut dimasukkan ke dalam fotobioreaktor, diaerasi, ditambahkan NaOCl 5,25% sebanyak 1 mL/L air laut [dan dibiarkan selama 24 jam. Selanjutnya dinetralkan dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 25% sebanyak 0,25mL/L air laut selama 24 jam.

Optimasi Medium dengan Makronutrien dari Pupuk

Optimasi komposisi medium pertumbuhan mikroalga dilakukan terhadap makronutrien yang berasal dari campuran pupuk seperti TSP-36 sebagai sumber fosfor dan Si-P-(PG) sebagai sumber silikon.

Optimasi pertumbuhan sel dilakukan dengan menggunakan fotobioreaktor dalam ruang pada kondisi intensitas cahaya $13,50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, fotoperiode terang gelap 24:0. dan salinitas air laut 30 ppt (tanpa pengenceran). Pada uji kelayakan medium pupuk dan medium Walne, sel ditumbuhkan pada kondisi pertumbuhan salinitas 30 ppt, fotoperiode terang gelap 24:0, dan intensitas cahaya $13,50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Data diolah dengan menggunakan analisis varian satu arah (ANOVA, $P < 0,05$) untuk menentukan signifikansi perbedaan komposisi medium, dan *F-test two sample for*

variance ($P < 0,05$) untuk menentukan signifikansi perbedaan antara medium pupuk dan medium Walne.

Kultivasi Dalam Fotobioreaktor Kapasitas 17 L di Luar Ruang

Sebelum dikultivasi di luar ruang, inokulum diaktivasi di dalam ruang dalam 3 buah botol 1 L dengan volume kultur masing-masing botol yaitu 900 mL. Kultivasi skala besar di luar ruang menggunakan medium dengan makronutrien dari pupuk dicoba dengan 1 kali (dari 8 L ke 17 L) pembesaran volume kultur dan 2 kali (dari 8 L, lalu 12 L, dan terakhir ke 17 L) pembesaran volume kultur.. Produksi biomassa *Thalassiosira* sp. dilakukan di dalam fotobioreaktor dengan kapasitas 17 L di luar ruang. Perubahan intensitas matahari harian dimonitor setiap jam dari 06:00 hingga 18:00. Pemanenan alga dilakukan pada saat kultur telah memasuki fase stasioner dengan menggunakan saringan kain katun masini.

Ekstraksi Minyak dari Mikroalga

Biomassa basah disuspensi dalam kloroform/methanol (1:1 v/v), disonikasi selama 15 menit (1 menit hidup, 30 detik mati) pada frekuensi 50 Hz dan diekstraksi soxhlet dengan pelarut yang sama pada $80 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam

(tergantung jumlah biomassa yang diekstrak). Setelah ekstraksi selesai, pelarut dipisahkan dengan alat *rotary evaporator*. Produktivitas minyak dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Produktivitas minyak} = \frac{\text{minyak } (\mu\text{L/g biomassa}) \times \text{kepadatan biomassa (g/L kultur)}}{\text{waktu penanaman (hari)}} \quad (\text{Nurachman, 2012})$$

Analisis Jenis Asam Lemak dalam Minyak

Sebelum dianalisis, minyak *Thalassiosira* sp. dipreparasi dengan cara dihidrolisis dan metilasi. Untuk mengetahui jenis asam lemak dalam minyak, digunakan alat kromatografi gas (GC) dengan *flame ionization detector* (FID). Suhu injektor, kolom dan detektor berturut-turut adalah 250, 230, dan 260 °C. Waktu analisis 70 menit dan volume injeksi 1 µL.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Thalassiosira sp. pada Medium dengan Makronutrien dari Pupuk

Media pertumbuhan mikroalga harus mengandung unsur-unsur anorganik yang mendukung pertumbuhan sel alga. Makronutrien utama untuk pertumbuhan mikroalga adalah nitrogen (N), fosfor (P), dan untuk jenis diatom memerlukan silikon (Si). Kebutuhan nutrien minimum

bisa diperkirakan dengan menggunakan rumus molekul biomassa mikroalga yaitu $\text{CO}_{0.48}\text{H}_{1.83}\text{N}_{0.11}\text{P}_{0.01}$ (Chisti, 2007). Secara umum, konsentrasi sel dalam kultur mikroalga lebih tinggi daripada di alam sehingga harus diperkaya dengan nutrien.

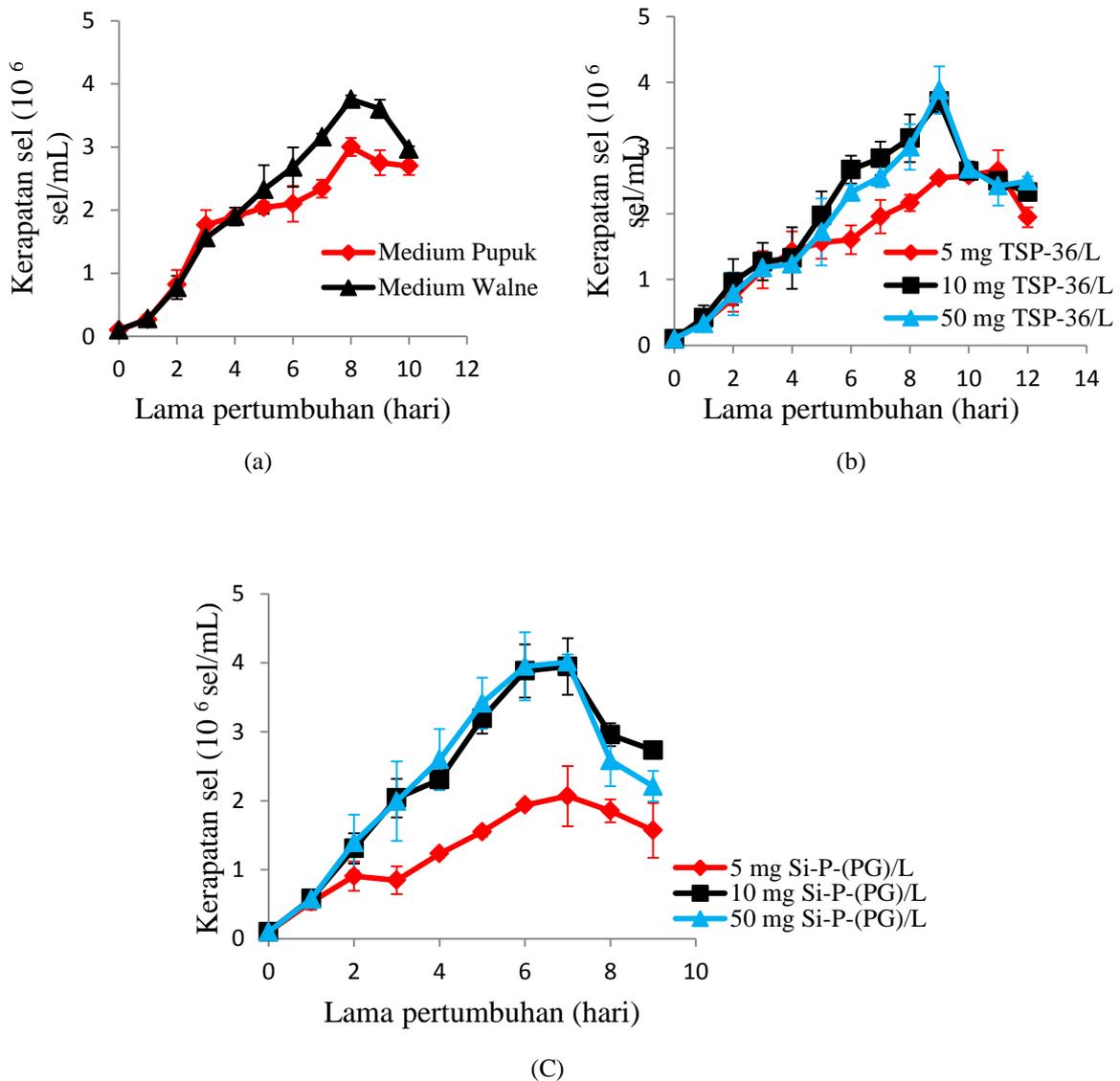
Mikroalga laut *Thalassiosira* sp. merupakan mikroalga dari kelas Bacillariophyceae (diatom). (Wolkers dkk., 2011). Oleh karena itu, dalam pertumbuhannya memerlukan makronutrien nitrogen (N), pospor (P) dan silikon (Si). Dalam penelitian ini dilakukan percobaan terhadap medium dengan makronutrien dari pupuk yang terdiri dari pupuk urea, pupuk TSP-36, pupuk Si-P-(PG), FeCl_3 , dan Na_2EDTA untuk memperoleh medium pertumbuhan yang murah,

Pada kondisi intensitas cahaya $13,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ dan fotoperiode terang:gelap 24:0, sel *Thalassiosira* sp. mengalami fase pertumbuhan eksponensial dari hari ke-0 s.d. ke-8 baik dalam medium dengan makronutrien dari pupuk maupun medium Walne (Gambar 4(a)). Pada fase ini, mikroalga yang dikultivasi akan mengalami pertambahan biomassa secara cepat. Struktur sel masih berada pada kondisi normal dan secara nutrien terjadi keseimbangan antara nutrien dalam

media dan kandungan nutrisi dalam sel. Umumnya pada fase akhir eksponensial, kandungan protein dalam sel sangat tinggi (Kawaroe dkk., 2010).

Kerapatan sel tertinggi dalam medium dengan makronutrien dari pupuk

adalah $3,00 \times 10^6$ sel/mL dengan laju pertumbuhan spesifik 0,25 per hari sedangkan dalam medium Walne kerapatan sel tertinggi adalah $3,75 \times 10^6$ sel/mL dengan laju pertumbuhan spesifik 0,17 per hari.



Gambar 4. Kurva pertumbuhan *Thalassiosira* sp. dalam medium Walne dan makronutrien dari pupuk dengan intensitas cahaya $13,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ dan fotoperiode terang:gelap 24:0 (a). Kurva pertumbuhan *Thalassiosira* sp. dalam berbagai konsentrasi pupuk TSP-36 dan Si-P-(PG) masing-masing ditunjukkan pada (b) dan (c).

Perbedaan pertumbuhan dalam medium Walne dan medium pupuk dianalisis dengan menggunakan uji *F-test two sample for variance* pada tingkat kepercayaan 95% menunjukkan nilai F_{hitung} 1,85 (lebih rendah daripada F_{kritis} 3,18) yang mengindikasikan pertumbuhan tidak berbeda signifikan baik dalam medium dengan makronutrien dari pupuk maupun dalam medium Walne.

Optimasi komposisi medium pertumbuhan mikroalga dilakukan terhadap makronutrien yang berasal dari campuran pupuk seperti TSP-36 sebagai sumber fosfor dan Si-P-(PG) sebagai sumber silikon. Adapun konsentrasi pupuk urea, $FeCl_3$, dan Na_2EDTA menggunakan konsentrasi dalam jurnal Nurachman, dkk. (2012) masing-masing 300 mg/L, 70 mg/L dan 6 mg/L medium.

Kandungan utama pupuk TSP-36 yang mengandung 36% P_2O_5 cukup untuk menjadi sumber makronutrien fosfor (P) bagi pertumbuhan mikroalga. Fosfor diperlukan dalam pembentukan ATP. konsentrasi pupuk TSP-36 ditunjukkan pada Gambar 4(b). Pola pertumbuhan *Thalassiosira* sp. dalam medium yang mengandung 10 mg dan 50 mg TSP-36/L kultur hampir sama.

Namun, pola pertumbuhan alga dalam medium yang mengandung 5 mg

TSP-36/L berbeda, khususnya setelah hari kelima. Perbedaan ketiga variasi komposisi TSP-36 dianalisis berdasarkan ANOVA dengan tingkat kepercayaan 95% menghasilkan nilai F_{hitung} sebesar 0,54 yang lebih rendah daripada nilai F_{tabel} sebesar 3,26. Ini mengindikasikan tidak ada perbedaan signifikan antara 3 variasi TSP-36 yang diujicobakan. Oleh karena itu, dari ketiga variasi konsentrasi TSP-36 yang diteliti tersebut, medium yang mengandung pupuk 10 mg TSP-36/L dipilih untuk percobaan selanjutnya karena menghasilkan kerapatan sel tinggi. Kerapatan sel tertinggi dalam medium yang mengandung 10 mg TSP-36/L pada hari ke-9 adalah $3,71 \times 10^6$ sel/mL dengan laju pertumbuhan spesifik 0,16 per hari.

Mikroalga jenis diatom seperti *Thalassiosira* sp. memiliki dinding sel yang terbuat dari silika sehingga dalam medium pertumbuhannya memerlukan makronutrien silikon (Si). Pada penelitian ini, sumber Si berasal dari pupuk Si-P-(PG) yang mengandung 36–42% SiO_2 . Pertumbuhan *Thalassiosira* sp. dalam medium dengan berbagai variasi konsentrasi pupuk Si-P-(PG) ditunjukkan pada Gambar 1c. Pertumbuhan *Thalassiosira* sp. dalam medium yang mengandung 10 dan 50 mg Si-P-(PG)/L adalah mirip. Namun, pertumbuhan sel

dalam medium yang mengandung 5 mg Si-P-(PG)/L setelah hari kedua berbeda. Perbedaan ketiga variasi komposisi Si-P-(PG) dianalisis berdasarkan ANOVA dengan tingkat kepercayaan 95% menghasilkan nilai F_{hitung} sebesar 2,74 yang lebih rendah daripada nilai F_{tabel} sebesar 3,35. Ini mengindikasikan tidak ada perbedaan signifikan antara 3 variasi Si-P-(PG) yang diujicobakan. Jadi, dari ketiga variasi konsentrasi Si-P-(PG) yang diteliti tersebut, medium yang mengandung pupuk 10 mg Si-P-(PG)/L dipilih untuk percobaan selanjutnya karena menghasilkan kerapatan sel tinggi. Kerapatan sel tertinggi dalam medium yang mengandung 10 mg Si-P-(PG)/L pada hari ke-7 adalah $3,95 \times 10^6$ sel/mL dengan laju pertumbuhan spesifik 0,02 per hari.

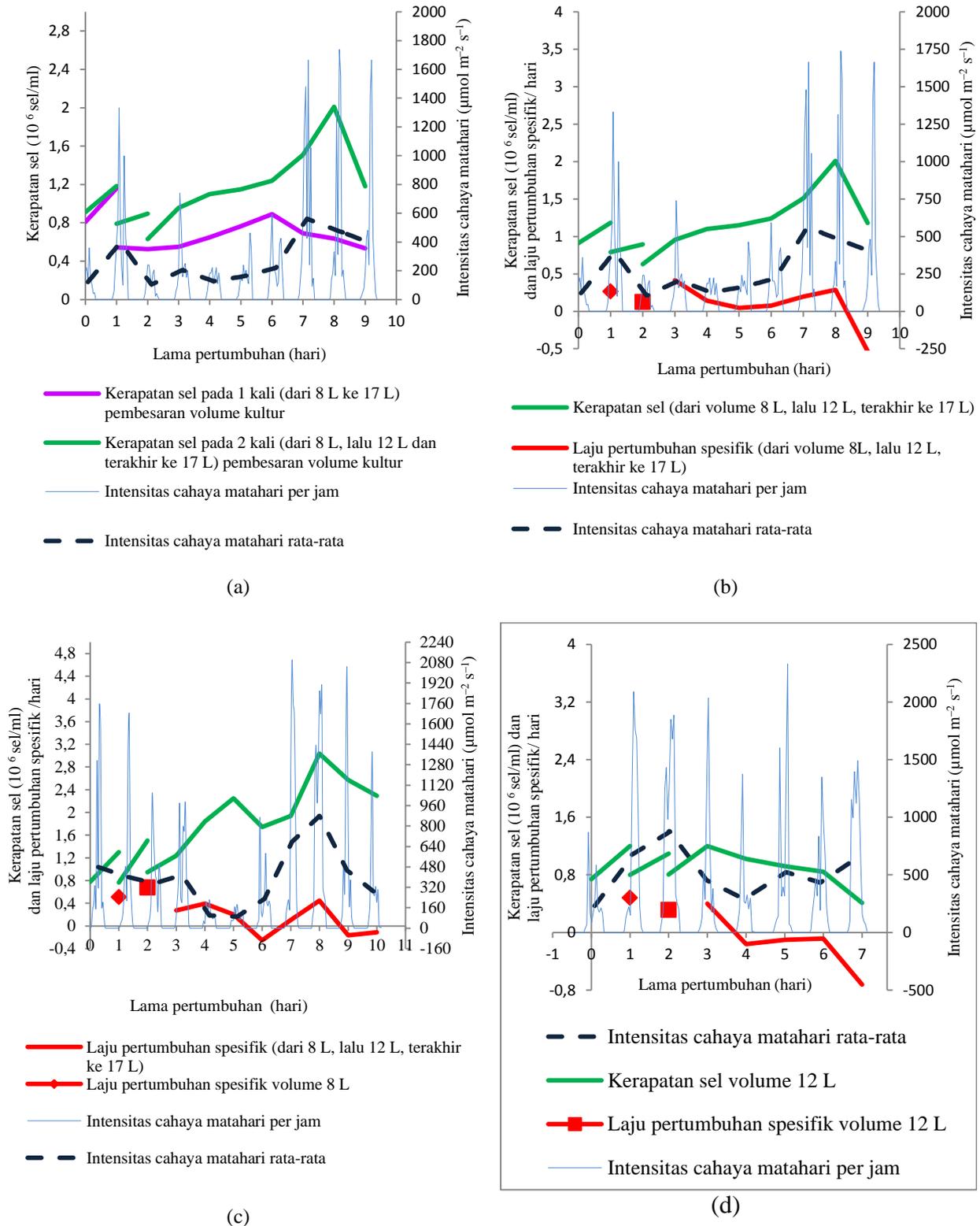
Berdasarkan hasil percobaan optimasi konsentrasi makronutrien dari pupuk, komposisi medium yang digunakan untuk produksi biomassa *Thalassiosira* sp. dalam skala besar terdiri dari urea 25 mg, TSP-36 10 mg, Si-P-(PG) 10 mg, $FeCl_3$ 6 mg, dan Na_2EDTA 70 mg dalam satu liter air laut. Perbandingan komposisi N:P:Si adalah 11,67:1,96:1,82 atau 6:1:1. Biaya per liter kultur untuk medium dari pupuk adalah

Rp. 19,41 (TSP-36 Rp. 2.700/kg, Si-P-(PG) Rp. 2.000/kg, urea Rp. 7.500/kg, Na_2EDTA teknis Rp. 110.000/kg, $FeCl_3$ Rp. 1.914.000/kg) dan medium Walne Rp. 591,00 (Nurachman, 2012). Sehingga dapat mengurangi 96,72 % biaya produksi.

Pertumbuhan Thalassiosira sp. pada Kultivasi dengan Pembesaran Volume Kultur di Luar Ruang

Indonesia disinari matahari sepanjang tahun selama ± 12 jam per hari atau fotoperiode di Indonesia selama setahun adalah ± 4.380 jam. Sinar matahari di Indonesia mencukupi untuk kebutuhan kultivasi mikroalga (Kawaroe dkk., 2010). Cahaya yang digunakan untuk proses fotosintetik dapat berupa cahaya sintetis atau cahaya matahari (sekitar 1500–2500 W/m^2) (Hadiyanto dkk., 2010).

Kultivasi mikroalga dalam skala besar di luar ruang memiliki banyak tantangan seperti kontaminan dan intensitas matahari yang fluktuatif. Oleh karena itu, diperlukan desain proses kultivasi agar mikroalga dapat tumbuh dengan baik. Dalam penelitian ini, kultivasi mikroalga dilakukan dengan 1 kali pembesaran dan 2 kali pembesaran volume kultur (Gambar 5.a).



Gambar 5. Kerapatan sel *Thalassiosira* sp. dan intensitas cahaya matahari dengan desain kultivasi 1 kali pembesaran (R1) dan 2 kali pembesaran (R2) (a). Kerapatan sel, laju pertumbuhan spesifik dan intensitas cahaya matahari pada periode 1, 2, dan 3 masing-masing ditunjukkan pada (b), (c), dan (d)

Produktivitas biomassa pada kultivasi dengan 2 kali pembesaran volume kultur (dari 8 L, lalu 12 L, dan terakhir ke 17 L) adalah 0,10 g/L kultur/hari dengan kerapatan sel tertinggi pada hari ke-8 adalah $2,01 \times 10^6$ sel/mL dan laju pertumbuhan spesifik 0,29 per hari. Namun, pada kultivasi dengan 1 kali (dari 8 L ke 17 L) pembesaran volume kultur, produktivitas biomassa yang diperoleh adalah 0,07 g/L kultur/hari dengan kerapatan sel tertinggi pada hari ke-6 adalah $8,90 \times 10^5$ sel/mL dan laju pertumbuhan spesifik 0,15 per hari (Gambar 5(a)).

Pada kultivasi dengan 1 kali pembesaran volume kultur, kerapatan sel tidak bertambah signifikan dari hari ke-0 hingga hari ke-9. Oleh karena itu, untuk produksi biomassa skala besar menggunakan kultivasi dengan 2 kali pembesaran volume kultur.

Produksi Biomassa dan Minyak Thalassiosira sp. dalam Fotobioreaktor Kapasitas 17 L di Luar Ruang

Dalam penelitian ini, kultivasi *Thalassiosira* sp. di luar ruang dilakukan dalam 3 periode yaitu periode 1 (21-01-2014 s.d. 30-01-2014), periode 2 (29-01-2014 s.d. 08-02-2014) dan periode 3 (04-02-2014 s.d. 11-02-2014). Pengamatan intensitas matahari dilakukan per jam

dari mulai jam 06.00 s.d. 18.00. Kerapatan sel awal pada kultivasi di luar ruang berkisar antara 6×10^5 dan 9×10^5 sel/mL.

Pada periode 1 (Gambar 5 (b)), kerapatan sel tertinggi adalah $2,01 \times 10^6$ sel/mL dengan laju pertumbuhan spesifik 0,29 per hari. Kerapatan sel meningkat hingga hari ke-8 namun tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan intensitas cahaya matahari relatif rendah dari hari ke-2 s.d. ke-6 sehingga laju pertumbuhan spesifik rendah.



Gambar 6. Fotobioreaktor untuk kultivasi skala besar di luar ruang

Pada hari ke-7, intensitas cahaya matahari meningkat, laju pertumbuhan spesifik meningkat sehingga kerapatan sel meningkat. Pada hari ke-8, laju pertumbuhan spesifik dan kerapatan sel masih meningkat meskipun intensitas cahaya matahari sedikit menurun. Hal ini diperkirakan karena dalam kultur masih tersedia nutrisi untuk pertumbuhan

mikroalga. Pada hari ke-9, laju pertumbuhan spesifik dan kerapatan sel menurun signifikan karena nutrisi mulai habis dan intensitas cahaya matahari menurun.

Pada periode 2 (Gambar 5(c)), kerapatan sel cenderung meningkat hingga hari ke-8 kecuali hari ke-6. Kerapatan sel tertinggi adalah $3,04 \times 10^6$ sel/mL dengan laju pertumbuhan spesifik 0,45 per hari. Pada hari ke-2 dan ke-3, intensitas cahaya matahari cukup tinggi dan nutrisi masih tersedia banyak sehingga pada awal kultivasi dalam volume 17 L dapat tumbuh dengan baik. Pada hari ke-4 s.d. ke-6, intensitas cahaya matahari rendah sehingga laju pertumbuhan spesifik menurun. Pada hari ke-7 dan ke-8, intensitas cahaya matahari meningkat sehingga laju pertumbuhan spesifik dan kerapatan sel meningkat. Namun pada hari ke-9 dan ke-10, intensitas cahaya matahari menurun dan nutrisi mulai habis sehingga kerapatan sel menurun.

Pada periode 3 (Gambar 5(d)), kerapatan sel tertinggi adalah $1,20 \times 10^6$ sel/mL dengan laju pertumbuhan spesifik 0,40 per hari. Kerapatan sel hanya mengalami peningkatan hingga hari ke-3 dan setelah itu mengalami penurunan. Pada hari ke-3, meskipun intensitas cahaya matahari turun, namun kerapatan

sel bertambah karena masih tersedia banyak nutrisi. Pada hari ke-4 s.d. ke-6, intensitas cahaya matahari rendah sehingga laju pertumbuhan spesifik dan kerapatan sel rendah. Pada hari ke-7, intensitas cahaya matahari sedikit meningkat namun laju pertumbuhan spesifik dan kerapatan sel menurun karena nutrisi mulai habis.

Berdasarkan analisis terhadap kurva pertumbuhan *Thalassiosira* sp. pada periode 1, 2 dan 3 menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari mempengaruhi laju pertumbuhan spesifik dan kerapatan sel mikroalga. Pada saat intensitas cahaya matahari tinggi dan nutrisi masih tersedia, laju pertumbuhan spesifik dan kerapatan sel meningkat. Namun pada saat intensitas cahaya matahari rendah, laju pertumbuhan spesifik pun rendah. Pembelahan sel akan melambat ketika nutrisi, cahaya, pH, karbondioksida atau faktor fisik dan kimia mulai membatasi pertumbuhan sehingga terjadi penurunan pertumbuhan (Lavens dan Sorgeloos, 1996).

Produktivitas biomassa yang diperoleh dari kultivasi *Thalassiosira* sp. pada periode 1, 2 dan 3 berturut-turut adalah 0,10, 0,05, dan 0,09 g/L kultur/hari dengan nilai produktivitas biomassa rata-rata selama 3 periode kultivasi adalah 0,08 g/L kultur/hari.

Pada periode 2, kerapatan sel tinggi namun produktivitas biomassa rendah karena pada saat pemanenan banyak sel yang lolos dari saringan kain katun masini.

Produktivitas minyak mikroalga *Thalassiosira* sp. yang dikultivasi di luar ruang dengan makronutrien dari pupuk adalah 22,50 $\mu\text{L/L}$ kultur/hari (Gambar 7). Nilai produktivitas minyak bergantung pada biomassa yang dihasilkan dan pada kultivasi di luar ruang, perolehan biomassa bergantung pada intensitas cahaya matahari selama kultivasi.



Gambar 7. Minyak *Thalassiosira* sp.

***Asam Lemak Penyusun Minyak Thalassiosira* sp.**

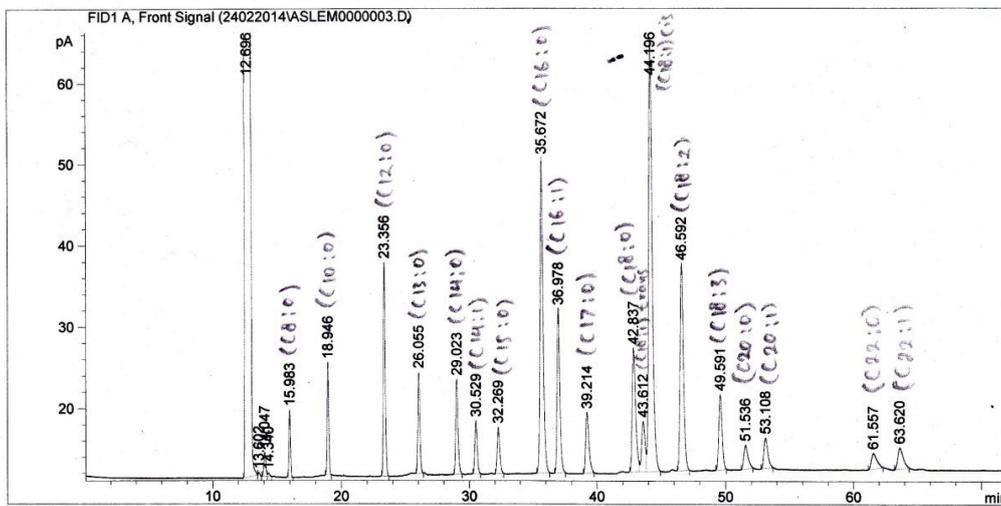
Biomassa mikroalga mengandung 3 komponen utama yaitu karbohidrat, protein dan lipid/minyak. Enzim yang mengkatalisis tahapan kunci dalam sintesis minyak mikroalga adalah asetil Co-A karboksilase (ACCase) (Sheehan dkk., 1998).

Mikroalga laut *Thalassiosira* sp. merupakan mikroalga dari kelas Bacillariophyceae (diatom). Diatom memiliki kerangka yang tersusun dari silika dan memproduksi minyak yang disimpan dalam sel. Diatom dapat mengatur daya apungnya dalam air dengan memvariasikan kandungan minyak (Wolkers dkk., 2011). Minyak *Thalassiosira* sp. dari kultivasi di luar ruang dengan makronutrien dari pupuk kemudian diubah menjadi *fatty acid methyl ester* (FAME) untuk dianalisis dengan menggunakan GC-FID.

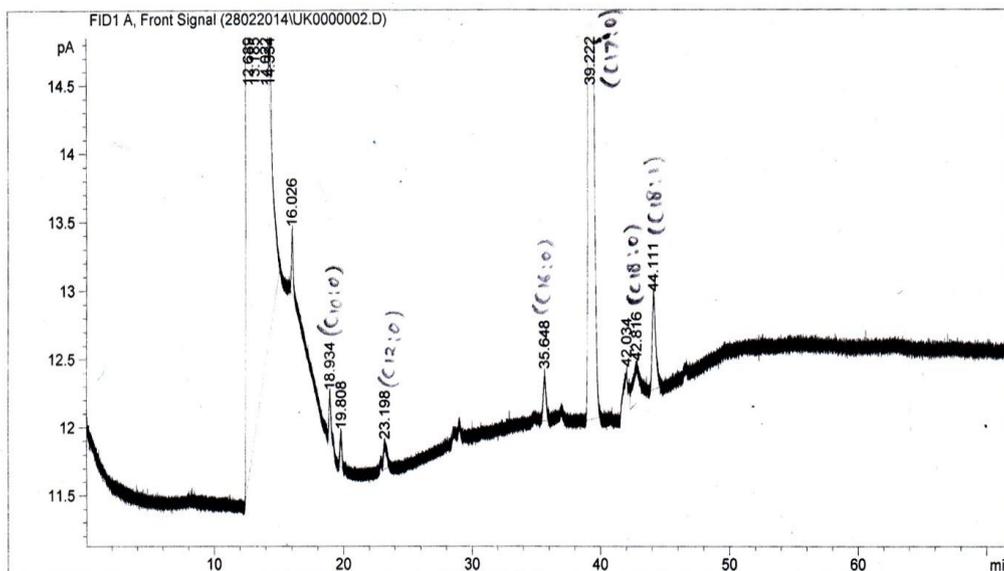
Hasil analisis diperoleh kromatogram seperti terlihat pada Gambar 8. Dari kromatogram tersebut menunjukkan bahwa minyak *Thalassiosira* sp. diidentifikasi mengandung empat jenis asam lemak jenuh yaitu asam kaprat (C10:0) 0,30 mg/g, asam laurat (C12:0) 0,18 mg/g, asam palmitat (C16:0) 0,23 mg/g, dan asam stearat (C18:0) 0,50 mg/g, serta satu jenis asam lemak tidak jenuh yaitu asam oleat (C18:1) 0,52 mg/g. Adapun minyak dari mikroalga *Thalassiosira* sp. yang dikultivasi di dalam ruang dengan medium Walne mengandung asam palmitat 41,7%, asam stearat 9,8% dan asam oleat 47,4% (Anward, 2009) dan jenis TAGs dalam minyak dari mikroalga *Thalassiosira* sp. yang dikultivasi di dalam ruang dengan

medium modifikasi adalah POP (palmitat-oleat-palmitat) 15,30%, POO (palmitat-oleat-oleat) 33,33%, dan SOO (stearat-oleat-oleat) 15,30% (Hartati, 2012). Dalam percobaan lain, minyak dari mikroalga *Thalassiosira* sp. yang dikultivasi di luar ruang dalam medium Walne mengandung 5 jenis TAGs yaitu

PPO (palmitat-palmitat-oleat), POO (palmitat-oleat-oleat), SLnS (stearat-linoleat-stearat), OO(C12:1) (oleat-oleat-C12:1), dan PO(C10:1) (palmitat-oleat-C10:1), serta satu jenis triasilgliserol yang tidak diketahui jenisnya (Sutawijaya, 2012).



(a)



(b)

Gambar 8. Kromatogram asam lemak standar (a), kromatogram asam lemak dari sampel minyak *Thalassiosira* sp.(b)

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai “Produktivitas *Thalassiosira* sp. yang dikultivasi dalam fotobioreaktor di luar ruang” dapat disimpulkan bahwa konsentrasi optimum pupuk TSP-36 dan Si-P-(PG) untuk pertumbuhan *Thalassiosira* sp. masing-masing adalah 10 mg/L kultur. Pengaruh medium dengan makronutrien dari pupuk dan medium Walne tidak berbeda signifikan terhadap pertumbuhan mikroalga sehingga dapat digunakan untuk kultivasi skala besar. Produktivitas *Thalassiosira* sp. dari 3 periode kultivasi di luar ruang dengan 2 kali pembesaran

volume kultur berturut-turut adalah 0,08 g biomassa/L kultur/hari atau 22,50 μ L minyak/L kultur/hari. Laju pertumbuhan spesifik mikroalga meningkat pada saat intensitas cahaya matahari tinggi dan masih tersedia cukup nutrien. Asam lemak dari *Thalassiosira* sp. yang di kultivasi di luar ruang dengan makronutrien dari pupuk diidentifikasi mengandung 4 jenis asam lemak jenuh (asam kaprat (C10:0) 0,30 mg/g, asam laurat (C12:0) 0,18 mg/g, asam palmitat (C16:0) 0,23 mg/g, dan asam stearat (C18:0) 0,50 mg/g), dan 1 jenis asam lemak tidak jenuh (asam oleat (C18:1) 0,52 mg/g).

DAFTAR RUJUKAN

- Anward, E.E., 2009, Optimasi produksi asam lemak dari mikroalga laut *Thalassiosira* sp., Skripsi tidak diterbitkan, Institut Teknologi Bandung.
- Chisti, Y., 2007, Biodiesel from microalgae, *J. Biotechnol. Adv.* **25**: 294–306.
- Hadiyanto, Samidjan, I., Kumoro A.C. dan Silviana., 2010). Produksi mikroalga berbiomasa tinggi dalam bioreaktor open pond. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”, Yogyakarta, Indonesia.
- Hartati, (2011). Medium air laut yang diperkaya untuk produksi biomassa dan minyak dari mikroalga laut *thalassiosira* sp. Tesis, Institut Teknologi Bandung.
- International Energy Agency, (2013). CO₂ Emissions from fuel combustion. OECD/IEA, Prancis.
- Kawaroe, M., Prartono, T., Sunuddin, A., Sari, D. W. dan Augustine, D., (2010). Mikroalga potensi dan pemanfaatannya untuk produksi bio bahan bakar. IPB Press, Bogor, Indonesia.

- Lavens, P, Sorgeloos, P., (1996). Manual on the production and use of live food for aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Belgium.
- Nurachman,Z., Hartati, Anita, S., Anward, E.E., Novirani, G., Mangindaan, B., Gandasasmita, S., Syah, Y.M., Panggabean, L.M.G., Suantika, G., (2012). Oil productivity of the tropical marine diatom *Thalassiosira* sp. *Biores. Technol.* **108**: 240–4.
- Sheehan, J., Dunahay, T., Benemann, J., dan Roessler, P., (1998). A look back at the US Department of Energy's Aquatic Species Program: biodiesel from algae. US Department of Energy, USA.
- Sutawijaya, G., (2012). Produksi Biomassa *Thalassiosira* sp. dibawah Paparan Sinar Matahari. Tesis, Institut Teknologi Bandung.
- Wolkers, H., Barbosa, M., Kleinegris, D.M.M., Bosma, R., Wijffels, R.H., (2011). *Microalgae: the green gold of the future?*. Propress, Wageningen, Belanda.