PENGEMBANGAN TEKNIK KULTIVASI *Spirulina* sp. SEBAGAI SUMBER BIOMASSA ENERGI TERBARUKAN DALAM FOTOBIOREAKTOR AIRLIFT

The Development of Spirulina Sp. Cultivation Technique as A Renewable Energy Biomass Source in The Airlift Fotobioreactor

Fifin Hindarti dan Endah Ayuningtyas
Institut Teknologi Yogyakarta
Email: viendarti@ity.ac.id, EndahA25@gmail.com

Diterima: 28 April 2020; Diperiksa: 5 Mei 2020; Revisi: 22 Mei 2020; Disetujui: 9 Juni 2020

Abstract

*The development of technology for the use of natural resources as fuel is increasing. One of them is the research of third generation biodiesel. This technology utilizes microalgae as an environmentally friendly raw material which is also a renewable energy source for oil. Biodiesel from microalgae especially *Spirulina* sp. is one of the energy sources that can replace conventional diesel fuel which has potential for high lipid content. This study aims to develop a microalgae cultivation technology in an airlift photobioreactor by adjusting the light intensity of the LED lamp to obtain an optimal growth rate and increase the biomass production of *Spirulina* sp. The research was conducted on an intermediate scale using an airlift type photobioreactor with varying light intensity, namely 1600 lux, 2200 lux, and 3200 lux. Each treatment was carried out three times for 14 days. Measurement of biomass weight was calculated using the gravimetric method, by taking samples every 7 days. Based on the data obtained, the application of different light intensities to the *spirulina* sp. cultivation system will have an effect on the final result in harvesting day 14th, specifically the weight of the biomass produced. The average yield of biomass on day 14th with the best results was obtained at light intensity of 1600 as much as 623 mg / 100 ml.*

Keywords: *biodiesel, light intensity, microalgae, Spirulina sp.*

Abstrak

Pengembangan teknologi pemanfaatan sumber daya alam sebagai bahan bakar semakin meningkat. Salah satunya adalah penelitian biodiesel generasi ketiga. Teknologi tersebut memanfaatkan mikroalga sebagai bahan baku minyak yang ramah lingkungan dan merupakan sumber energi yang bisa diperbaharui. Biodiesel dari mikroalga menjadi salah satu sumber energi yang mampu menggantikan bahan bakar diesel konvensional. Mikroalga yang memiliki potensi kandungan lipid yang tinggi salah satunya adalah *Spirulina* sp. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan teknologi kultivasi mikroalga di dalam fotobioreaktor *airlift* dengan pengaturan intensitas cahaya dari lampu LED untuk memperoleh laju pertumbuhan yang optimal dan peningkatan hasil produksi biomassa *Spirulina* sp. Penelitian dilakukan pada skala intermediate menggunakan fotobioreaktor tipe *airlift* dengan memvariasi intensitas cahaya, yaitu 1600 lux, 2200 lux, dan 3200 lux. Setiap perlakuan dilakukan tiga kali pengulangan selama 14 hari. Pengukuran bobot biomassa dihitung menggunakan metode gravimetri, dengan mengambil sampel setiap 7 hari sekali. Berdasarkan data yang diperoleh bahwa pemberian intensitas cahaya yang berbeda pada sistem kultivasi *spirulina* sp akan memberikan pengaruh terhadap hasil akhir (pemanenan hari ke-14) yaitu berupa bobot biomassa yang dihasilkan. Hasil rata-rata perolehan biomassa pada hari ke-14 dengan hasil terbaik diperoleh pada intensitas cahaya 1600, sebanyak 623 mg/ 100 ml.

Kata kunci: biodiesel, intensitas cahaya, mikroalga, *Spirulina* sp.

1. PENDAHULUAN

Sebagian besar aktifitas manusia mengandalkan bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil merupakan sumber energi yang tak terbarukan (non-renewable energy). Tiga bahan bakar fosil yang dimaksud adalah minyak bumi, batu bara dan gas alam. Penggunaan minyak bumi, batu bara dan

gas alam sebagai sumber energi masih menjadi prioritas utama di berbagai negara di dunia termasuk Indonesia. Dalam keterangan pada buku Outlook Energi Indonesia 2018, yang disusun oleh BPPT menyatakan bahwa Indonesia merupakan negara dengan konsumsi energi terbesar di kawasan Asia Tenggara dan urutan kelima di Asia

Pasifik dalam konsumsi energi primer, setelah China, India, Jepang dan Korea Selatan.

Cadangan energi fosil kita semakin hari semakin berkurang sedangkan kebutuhannya terus meningkat. Perkiraan ekstrim menyebutkan, minyak bumi di Indonesia dengan tingkat konsumsi seperti saat ini akan habis dalam waktu 10 – 15 tahun lagi. Setiap hari jutaan barel minyak mentah bernilai jutaan dolar dieksploitasi tanpa memikirkan bahwa minyak tersebut merupakan hasil evolusi alam yang berlangsung selama ribuan, bahkan jutaan tahun yang tidak dapat terulang lagi pada masa mendatang (Sulaksono B., 2005).

Hingga saat ini masih terus dilakukan penelitian untuk dapat mengatasi permasalahan krisis energi, di antaranya adalah dengan mengembangkan penelitian di bidang energi terbarukan khususnya di bidang teknologi pengolahan biomassa menjadi sumber energi alternatif. Penelitian di bidang bioteknologi terus dikembangkan.

Beberapa tahun terakhir telah banyak dilakukan penelitian untuk mendapatkan sumber energi bahan bakar terbarukan pengganti bahan bakar yang berasal dari minyak bumi. Salah satunya adalah pengembangan mikroalga. Banyak hasil penelitian yang menunjukkan bahwa mikroalga memiliki potensi yang besar sebagai sumber bahan bakar terbarukan karena memiliki kandungan minyak yang dapat dijadikan sebagai bahan bakar biodisel. Selain kandungan minyak yang dimiliki, mikroalga juga dikenal sebagai tumbuhan akuatik yang memiliki keunggulan dibandingkan sumber bahan bakar lainnya, antara lain: tidak membutuhkan lahan yang luas, mampu menghasilkan biomassa dengan sangat cepat, serta mampu memanfaatkan CO₂ dalam pertumbuhannya sehingga mengurangi pencemaran udara (Gultom, SO, 2018).

Biodisel adalah sebuah bahan bakar cair yang berasal dari minyak nabati dan lemak yang memiliki sifat pembakaran yang mirip dengan bahan bakar minyak diesel biasa (dari minyak bumi). Biodisel dapat diproduksi langsung dari minyak nabati, minyak atau lemak hewan dan minyak jelantah. Biodisel bersifat biodegradable, tidak beracun, dan memiliki emisi yang lebih sedikit daripada dari minyak diesel yang berbasis minyak bumi ketika dibakar. Biodisel merupakan bahan bakar alternatif yang mirip dengan minyak diesel (fosil) konvensional (Mahfud, 2018).

Biodisel adalah monoalkil ester dari minyak nabati atau lemak hewan. Keuntungan paling baik dari biodisel bila dibandingkan dengan petrodiesel adalah biodisel merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan. Dengan karakteristik terbakar hampir sama dengan petrodiesel, emisi yang dihasilkan dari pembakaran biodisel lebih sedikit dibanding petrodiesel (Budiman, dkk, 2014).

Keuntungan dari biodisel adalah: (1) mempunyai efisien yang tinggi, mempunyai sifat fisik dan kimia sama dengan petrodiesel, (2) biodisel merupakan sumber energi yang dapat diper-

baharui (dengan sumber dari tumbuhan, hewan dan mikroalga maka akan sangat mudah untuk diperoleh kembali), (3) dapat digunakan untuk mengurangi sumber polusi udara, misal untuk penyerapan CO₂. Standar mutu biodisel sesuai peraturan dirjen migas No. 002/P/DM/MIGAS/1979 tanggal 25 Mei 1979 tentang spesifikasi bahan bakar minyak dan gas dan standar pengujian SNI (Standar Nasional Indonesia).

Produksi mikroalga bagi energi memberi lebih banyak manfaat dibandingkan dengan kelapa sawit yang jadi penghasil biodisel. Riset terbaru menunjukkan spesies tertentu dari mikroalga mampu menghasilkan 30 kali lebih banyak daripada kelapa sawit per hektar per tahun (LIPI, 2019). Pada mikroalga, biodisel diproduksi dari turunan minyak (lipid) yang dihasilkan oleh mikroalga. Selain itu, produksi biodisel dari mikroalga lebih menjanjikan apabila dibandingkan dengan biodisel yang diproduksi dari tanaman pangan. Mikroalga memiliki laju pertumbuhan yang lebih cepat jika dibandingkan dengan tanaman pangan (Budiman, dkk, 2019).

Mikroalga merupakan organisme yang memiliki ukuran renik yang dapat hidup pada perairan tawar maupun perairan asin (Kawaroe *et al.*, 2010). Mikroalga merupakan organisme fotoautotrof yang mampu memproduksi zat makanannya sendiri melalui proses fotosintesis (Janssen, 2002). Saat ini, mikroalga telah banyak dikaji untuk menghasilkan energi alternatif seperti *biofuel*, *bioethanol*, *biohydrogen*, dan *biomethane* (Kawaroe *et al.*, 2010). Mikroalga disarankan sebagai sumber energi karena berbagai alasan, seperti tinggi kandungan minyak untuk beberapa *strain*, rendah konsumsi air dan bahkan dapat diproduksi pada tanah yang tidak subur sekalipun (Mascarelli, 2009). Selain menjadi sumber energi alternatif, mikroalga juga dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku pada industri farmasi, kosmetik, makanan, dan pakan hewan.

Mikroalga merupakan kelompok tumbuhan berukuran renik yang termasuk dalam kelas alga, diameternya antara 3-30 µm, baik sel tunggal maupun koloni yang hidup di seluruh wilayah perairan tawar maupun laut, yang lazim disebut fitoplankton. Mikroalga sendiri merupakan organisme autotrof yang tumbuh melalui proses fotosintesis. Struktur uniseluler mikroalga memungkinkan mengubah energi matahari menjadi energi kimia dengan mudah (Spolaore, P, *et al.* 2006). Mikroalga pun menjadi sebuah tanaman yang paling efisien dalam menangkap dan memanfaatkan energi matahari dan CO₂. Di dunia mikrobial, mikroalga termasuk eukariotik, umumnya bersifat fotosintetik dengan pigmen fotosintetik hijau (klorofil), coklat (fikosantin), biru kehijauan (fikobilin), dan merah (fikoeritrin) (Chen, C.Y. *et al.*, 2011). Morfologi mikroalga berbentuk uniseluler atau multiseluler tetapi belum ada pembagian tugas yang jelas pada sel-sel komponennya. Hal itulah yang membedakan

mikroalga dari tumbuhan tingkat tinggi (Harun dkk, 2010).

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga, diantaranya faktor abiotik (cahaya matahari, temperatur, nutrisi, O₂, CO₂, pH, salinitas), faktor biotik (bakteri, jamur, virus, dan kompetisi dengan mikroalga lain), serta faktor teknik (cara pemanenan, dll). Mikroalga dapat tumbuh dengan sangat cepat pada kondisi iklim yang tepat. Umumnya, mikroalga menduplikasi diri dalam jangka waktu 24 jam atau bahkan 3,5 jam selama fasa pertumbuhan eksponensial. Pertumbuhan mikroalga pun sangat dipengaruhi oleh konsentrasi gas CO₂ di dalam gas pencemar (Hadiyanto, 2014).

Keunggulan dari biomassa mikroalga adalah merupakan bahan bakar energi yang dapat diperbarui dan mempunyai kemampuan dalam pengurangan emisi gas CO₂ (Jorquera, O. Dkk, 2010). Mikroalga mempunyai produktivitas mengubah CO₂ menjadi karbohidrat, lemak dan protein yang jauh lebih efisien dibanding dengan tanaman darat (Scott, S.A. dkk, 2010). Pertumbuhannya relatif cepat dengan waktu pembelahan selnya sekitar 3,5 jam, memerlukan air lebih sedikit dan menghasilkan bahan baku biodisel 15-300 kali lebih cepat dibanding dengan tanaman darat (Chisti Y. 2007). Tingginya produktivitas mikroalga untuk menjadi sumber bahan biofuel yang ekonomis dan ramah lingkungan telah menarik perhatian kalangan pebisnis dan peneliti. Penelitian dalam skala laboratorium dan skala pilot plant tentang pemanfaatan mikroalga sebagai bahan baku biofuel telah banyak dilakukan (Batan, L. Dkk, 2010 dan Lardon L dkk, 2009).

Keuntungan mikroalga jika dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif telah diuraikan oleh Verma *et al.*, (2010) diantaranya yaitu: a) memiliki struktur sel yang sederhana dan kemampuan untuk mengendalikan sel tanpa mengurangi produktivitasnya, b) kemampuan berfotosintesis sangat tinggi, sekitar 3–8% sinar matahari mampu dikonversikan menjadi energi dibanding tanaman tingkat tinggi lainnya yang hanya sekitar 0,5%, c) memiliki siklus hidup yang pendek ($\pm 1-10$ hari), d) kemampuan untuk mensintesis lemak sangat tinggi ($\pm 40 - 86\%$ berat kering biomassa), e) kemampuan bertahan pada kondisi lingkungan yang ekstrim (salinitas tinggi atau lingkungan yang tercemar), f) tidak banyak membutuhkan pupuk dan nutrisi, g) tidak bersaing dengan produk pangan.

Salah satu mikroalga yang saat ini telah dikembangkan dan terus diteliti untuk digunakan sebagai bahan baku biodisel adalah *Spirulina* sp. *Spirulina* sp. merupakan jenis mikroalga dengan kandungan minyak yang tinggi sehingga dapat dijadikan sebagai sumber bahan baku biodisel. Selain itu *Spirulina* sp. mudah untuk dibudidayakan dan mudah untuk dipanen karena ukuran selnya yang relatif lebih besar daripada mikroalga lainnya sehingga dapat menjadi sumber alternatif energi terbarukan.

Strain Spirulina umum ditemukan secara alami

di perairan beralkalinitas tinggi, yang mengandung karbonat atau bikarbonat. Sampai saat ini sudah diidentifikasi 35 spesies *Spirulina*. Ciri-ciri sel *Spirulina* ialah sebagai berikut: sel berbentuk silinder dan bersepta, berwarna biru kehijauan, diameter 6–8 μm (*S. platensis*), 4–6 μm (*S. maxima*), mempunyai granula sitoplasma berisi gas. Sel membentuk filamen tidak bercabang berbentuk heliks, dengan ukuran 3–5 mm. Filamen motil, meluncur sepanjang aksisnya dan tidak ditemui heterosista. Kondisi pertumbuhan tertentu dapat menyebabkan perubahan pada bentuk spiralnya, diameter sel, maupun kandungan selnya. Menurut Kilic dkk (dalam Pramono, IA dkk, 2018), *Spirulina* sp merupakan salah satu jenis *cyanobacterial* alga hijau biru yang mudah dikembangkan dibandingkan jenis mikroalga lainnya karena reproduksinya mudah dan memiliki produktivitas yang tinggi. Selain itu, menurut Adam dkk (dalam Pramono, IA dkk, 2018), mikroalga jenis ini mampu menghasilkan lipid yang lebih banyak pada kondisi lingkungan yang ekstrim sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodisel. Untuk mendapatkan lipid tersebut maka diperlukan metode ekstraksi yang bermanfaat terhadap aspek lingkungan dan biaya yaitu dengan prinsip tekanan osmotik.

Produksi minyak dari alga yang mencapai 80.000 liter/ hektar kultur/ tahun merupakan jumlah yang lebih tinggi dari produksi minyak sawit. Minyak alga selanjutnya diolah menjadi biodisel (ITB, 2015).

Teknologi produksi mikroalga secara umum dibagi menjadi dua, yaitu sistem tertutup dan sistem terbuka. Sistem terbuka (*open raceway pond*) dioperasikan di luar ruangan dan bergantung pada cahaya matahari alami untuk penyinarannya. Sistem tertutup (fotobioreaktor) dapat dioperasikan di dalam atau di luar ruangan, namun biasanya diletakkan di luar ruangan, agar dapat memanfaatkan cahaya matahari (Ojamae, 2011).

Fotobioreaktor merupakan bioreaktor yang digabungkan dengan sumber cahaya tertentu untuk asupan energi cahaya ke dalam reaktor. Fotobioreaktor merupakan sistem tertutup yang lebih mudah dikontrol dan disesuaikan desainnya dengan lokasi pemasangan, dan lebih bisa mencegah kontaminasi, mencegah penguapan air dan CO₂, dan tidak memerlukan area yang luas. Dengan fotobioreaktor, produktivitas biomassa yang tinggi bisa 15 dicapai dan kontaminasi lebih mudah dihindari (Daniyati dkk, 2012).

Fotobioreaktor umumnya bersifat tertutup sehingga sistem tersebut dimaksudkan untuk mengatasi densitas sel yang rendah, isu kontaminasi, kehilangan air akibat penguapan, dan kebutuhan lahan yang luas. Fotobioreaktor sangat fleksibel dengan meletakkan di dalam ruangan dengan bantuan cahaya buatan atau di luar ruangan dengan bantuan cahaya matahari (Budiman, dkk, 2019).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan fotobioreaktor *airlift* sebagai tempat kultivasi

mikroalga *Spirulina* sp. dan selanjutnya melakukan kultivasi dengan fotobioreaktor *airlift* dengan pengaturan intensitas pencahayaan.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian dengan judul “Pengembangan Teknik Kultivasi *Spirulina* sp. Sebagai Sumber Biomassa Energi Terbarukan dalam Fotobioreaktor *Airlift*” dilaksanakan di Jetis Prenggan RT 04/ RW 19 Sidokarto Godean Sleman Yogyakarta. Proses kultivasi dan pengambilan data berlangsung selama 2 bulan, yaitu pada bulan Juli dan Agustus 2019. Bibit mikroalga berasal dari Nogotirto Algapark yang berlokasi di Nogotirto Gamping Sleman Yogyakarta.

Mikrolaga *Spirulina* sp. dikembangkan di dalam fotobioreaktor tipe *airlift* skala intermediate sistem *batch*. Metode yang digunakan adalah eksperimental dengan kultur tiap intensitas cahaya yang berbeda dilakukan sebanyak 3 kali ulangan.

2.1. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain mikroalga *Spirulina* sp., air, aquades, Alkohol 70%, pupuk SP, Urea, ZA, NaHCO_3 , NaCl, kaporit dan natrium thiosulfat.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi fotobioreaktor *airlift*, tabung erlenmeyer, gelas beaker, gelas ukur, Mortir diameter 8 cm, aerator dan selang, lampu LED 8 watt, luxmeter, dan timbangan digital ketelitian 0,001.

2.2. Metode Penelitian

Penelitian ini meliputi beberapa tahap, yaitu :

2.2.1. Perbanyak bibit mikroalga *Spirulina* sp.

Bibit mikroalga yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari Nogotirto Algapark yang berlokasi di Nogotirto Gamping Sleman Yogyakarta, untuk selanjutnya bibit diperbanyak. Cara memperbanyak bibit mikroalga tahap awal dilakukan dalam skala laboratorium, dalam tabung erlenmeyer 1000 ml. Mikroalga yang dikultivasi pada tahapan ini, diberikan nutrisi dan diberikan cahaya buatan dengan menggunakan lampu tipe LED tube 8 watt dengan intensitas cahaya sebesar 2200 lux. Selanjutnya dilakukan dalam skala lebih besar, dengan menggunakan ember volume 20 liter. Pada langkah ini telah diperoleh bibit mikroalga yang cukup dan siap untuk dibudidayakan dalam fotobioreaktor.

2.2.2. Kultivasi Semi Massal dalam Fotobioreaktor *Airlift* Skala *Intermediate*

Kultivasi dalam fotobioreaktor *airlift* menggunakan bibit dengan perbandingan 1 : 5, 1 untuk bibit dan 5 untuk air. Air yang dicampurkan merupakan air sumur yang nantinya dicampur dengan nutrisi. Air yang digunakan disterilisasi terlebih dahulu dengan menggunakan kaporit. Sterilisasi dilakukan dengan cara memasukan campuran air dan kaporit dimasukkan ke dalam fotobioreaktor kemudian aerator dihidupkan selama 24 jam.

Setelah proses sterilisasi air selesai, selanjutnya bibit mikrolaga *spirulina* sp. dan nutrisi dimasukkan. Masa kultivasi dalam fotobioreaktor *airlift* dilakukan selama 14 hari, nutrisi diberikan pada hari pertama dan hari ketujuh selama masa kultivasi. Nutrisi yang diberikan berupa campuran pupuk, nutrisi yang digunakan pada tahapan ini, menggunakan pupuk teknis, yaitu pupuk SP, Urea, ZA, NaHCO_3 serta NaCl untuk menjaga salinitas sesuai dengan habitat aslinya.

Kultivasi *Spirulina* sp. dilakukan secara *batch* di dalam fotobioreaktor *airlift* dengan volume 27 liter. Aerasi dilakukan selama 24 jam menggunakan aerator, dan untuk pencahayaan menggunakan lampu LED tube 8 watt selama 16 jam yang diatur dengan menggunakan *timer*.

Setiap perlakuan dengan pemberian intensitas cahaya yang berbeda pada proses kultivasi *Spirulina* sp yaitu dengan intensitas cahaya sebesar 1600 lux, 2200 lux dan 3200 lux, masing-masing dilakukan sebanyak tiga kali ulangan.

2.2.3. Pengambilan Data

Penelitian ini bertujuan untuk menguji fotobioreaktor yang telah disiapkan untuk mengkultivasi mikroalga dan untuk mengetahui seberapa kuantitas biomassa yang dihasilkan dengan memvariasi intensitas cahaya. Data yang diperlukan adalah besar intensitas cahaya sebagai variabel bebas, dan kuantitas/ bobot biomassa mikrolaga *Spirulina* sp. hasil kultivasi sebagai variabel terikat. Pengambilan sampel dilakukan pada awal kultivasi (hari ke-0), hari ke-7 dan hari ke 14, dan sampel tersebut dilakukan uji gravimetri untuk diketahui bobot massanya.

2.2.4. Analisis Data

Analisis data dilakukan terhadap sampel *Spirulina* sp. Produktivitas mikroalga didapatkan dengan metode analisis gravimetri/ berat kering. Data produktivitas mikroalga berdasarkan hasil penelitian kemudian diolah menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan perangkat lunak *Excel*. Analisis dilakukan untuk mendapatkan kondisi optimal kinerja fotobioreaktor. Dari data hasil penelitian akan diketahui bobot biomassa *Spirulina* sp. yang paling banyak diperoleh pada perlakuan dengan intensitas cahaya berapa lux.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dengan judul “Pengembangan Teknik Kultivasi *Spirulina* sp. Sebagai Sumber Biomassa Terbarukan Dalam Fotobioreaktor *Airlift*” merupakan metode kultivasi untuk mikroalga *Spirulina* sp. dalam fotobioreaktor tipe *airlift* dengan pengaturan intensitas cahaya menggunakan sumber cahaya dari lampu LED. Berikut ini merupakan hasil penelitian yang telah dilaksanakan.

3.1. Tahap Kultivasi Skala Laboratorium

Kultivasi pada skala laboratorium diperlukan untuk

menyediakan bibit mikroalga yang secara kuantitas mencukupi untuk dilanjutkan ke dalam tahapan berikutnya. Dari bibit sebanyak 1 liter berhasil dikembangkan menjadi 4 liter mikroalga *Spirulina* sp. yang siap dibiakkan lagi.

Gambar 1. Kultivasi Skala Laboratorium

3.2. Kultivasi Semi Massal (*Intermediate*)

Tahapan kultivasi ini dilakukan dengan volume 20 liter. Kultivasi ini dilakukan dengan menggunakan ember. Kultivan pada tahapan ini juga diberikan pupuk sebagai nutrisi agar menjamin mikroalga dapat tumbuh dengan baik. *Nutrient* adalah faktor penting dalam produksi biomassa alga.

Gambar 2. Kultivasi Mikroalga Semi massal

Sebagian besar mikroalga membutuhkan makronutrien seperti karbon, (C), nitrogen (N), hidrogen (H), sulfur (S), kalium (K), magnesium (Mg), dan fosfor (P) Sedangkan mikronutrien digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan sel dan metabolisme. Keberadaan mikronutrien tidak bisa diganti oleh zat lain. Kebutuhan mikronutrien juga berbeda-beda berdasarkan habitat mikroalga (air laut, payau, tawar). Beberapa unsur mikronutrien di antaranya, zat besi (Fe), boron (B), mangan (Mn), vanadium (Va), silikon (Si), selenium (Se), cuprum (Cu), nikel (Ni), dan molybdenum (Mo). (Hadiyanto dan Azim.M, 2012)

Kultivasi mikroalga yang dilakukan pada tahapan ini yang kemudian digunakan sebagai bibit pada alat kultivasi yang dirancang, yaitu fotobioreaktor *airlift*. Pupuk yang digunakan pada tahapan ini, merupakan pupuk teknis, yaitu pupuk SP, Urea, ZA, NaHCO_3 serta NaCl untuk menjaga salinitas sesuai dengan habitat aslinya.

3.3. Tahap Kultivasi Semi Massal dalam Fotobioreaktor *Airlift* (*Intermediate*)

Tahapan kultivasi semi massal dilakukan dalam fotobioreaktor *airlift* yang telah dirancang dan dibuat dengan mengatur intensitas cahaya, yaitu dengan intensitas cahaya sebesar 1600 lux, 2200 lux dan 3200 lux, setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali. Setiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali.

Gambar 3. Kultivasi dalam Fotobioreaktor

Untuk intensitas cahaya yang berbeda didapatkan biomassa yang semakin hari semakin meningkat, untuk intensitas cahaya 1600 menunjukkan perolehan paling tinggi. Hal ini terjadi

karena semakin tinggi intensitas cahaya maka suhu juga akan semakin meningkat. Suhu yang tinggi dapat mempengaruhi metabolisme sel dan mempengaruhi kinerja enzim, semakin tinggi suhu akan menyebabkan reaksi enzim menurun yang pada akhirnya akan berpengaruh pada pertumbuhan sel mikroalga.

Nilai ulangan dari setiap perlakuan dirata-rata sehingga didapat nilai rata-rata bobot biomassa *Spirulina* sp. untuk setiap intensitas cahaya yang berbeda, yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 3 berikut ini.

Tabel 1. Hasil Rata-Rata Perolehan Biomassa Pada Intensitas Cahaya Yang berbeda

Intensitas Cahaya	Bobot Rata-Rata <i>Spirulina</i> sp. (mg) dalam 100 ml sampel		
	Hari ke-0	Hari ke-7	Hari ke-14
1600 lux	127,7	380	623
2200 lux	141,7	374	446,3
3200 lux	124	398,3	513

Gambar 4. Grafik Perolehan Biomassa pada Intensitas Cahaya yang Berbeda

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa pertumbuhan mikrolaga diawal kultivasi semakin hari mengalami peningkatan, kemudian mengalami penurunan. Menurut Kawaroe et al., (2010) pola pertumbuhan mikroalga pada sistem kultivasi terbagi menjadi 5 tahapan yaitu, fase adaptasi (*lag phase*), fase eksponensial (*log phase*) mikroalga mengalami pertumbuhan cepat, fase penurunan pertumbuhan (*declining growth*), fase stasioner, fase kematian (*death phase*).

Tabel 2. Tabel Uji Anova

SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
1600	3	1869	623	2587		
2200	3	1339	446,3333	4262,333		
3200	3	1539	513	2149		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	47755,56	2	23877,78	7,960733	0,020504	5,143253
Within Groups	17996,67	6	2999,444			
Total	65752,22	8				

Dari data Tabel 2 dapat diketahui bahwa pertumbuhan pada kultivasi dengan intensitas

cahaya yang berbeda akan menghasilkan bobot biomassa yang berbeda. Dan berdasarkan uji ANOVA satu arah P-Value hasilnya lebih kecil dari 0,05 yang berarti terdapat perbedaan yang bermakna pada perlakuan yaitu untuk pemberian intensitas cahaya yang berbeda pada sistem kultivasi *Spirulina* sp. akan memberikan pengaruh terhadap hasil akhir (pemanenan hari ke-14) yaitu berupa bobot biomassa yang dihasilkan.

Dari hasil pengambilan data diketahui bahwa untuk intensitas cahaya yang berbeda didapatkan biomassa yang semakin hari semakin meingkat, namun peningkatan pertumbuhan tersebut tidak sama, untuk intensitas cahaya 1600 perolehan justru paling tinggi. Semakin tinggi intensitas cahaya maka suhu juga akan semakin meningkat, karena cahaya sebagai gelombang elektromagnetik memiliki energi yang dilepaskan bisa menimbulkan panas. Dalam penelitian ini, panjang gelombang dianggap sama, namun karena intensitas cahayanya berbeda menyebabkan besarnya fluks per unit area juga berbeda, hal ini yang mengakibatkan adanya perbedaan suhu. Suhu yang tinggi dapat mempengaruhi metabolisme sel dan mempengaruhi kinerja enzim, semakin tinggi suhu akan menyebabkan reaksi enzim menurun yang pada akhirnya akan berpengaruh pada pertumbuhan sel mikroalga.

4. KESIMPULAN

Fotobioreaktor tipe *airlift* yang terbuat dari bahan kaca dengan ketebalan 5 mm dan menggunakan lampu LED sebagai sumber pencahayaan selama proses kultivasi adalah baik untuk kutivasi mikroalga *Spirulina* sp.

Intensitas cahaya dapat berpengaruh terhadap bobot biomassa mikrolaga *Spirulina* sp. yang dikultivasi pada fotobioreaktor *airlift*.

DAFTAR PUSTAKA

- Batan, L., Quinn, J., Willson, B., Bradley, T., (2010). Net Energy and Greenhouse Gas Emission Evaluation of Biodiesel Derived from Microalgae. *Environ. Sci. Technol*, 44.
- BPPT, (2018). "Outlook Energi Indonesia 2018, Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat"
- Budiman, A. dkk, (2019). Mikroalga : Kultivasi Pemanenan, Ekstraksi dan Konversi Energi, Gadjah Mada University Press.
- Budiman, A., dkk, (2014). Biodiesel : Bahan Baku, Proses dan Teknologi, Gadjah Mada University Press.
- Chen, C.Y., Yeh, K.L., Aisyah, R., Lee, D.J, dan Chang, J.S., (2011), "Cultivation, photobioreactor design and harvesting of microalgae for biodiesel production: A critical review", *Bioresource Technology*.
- Chisti Y., (2007). Biodiesel from Microalgae. *Biotechnol Adv.*, 25.
- Daniyati, Rizqa, Gatut Yudoyono dan Agus Rubiyanto, (2012). Desain Closed Photobioreaktor *Chorella vulgaris* sebagai Mitigasi Emisi CO₂. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. Vol. 1, ISSN: 2301-928X.
- Gultom, SO, (2018). Mikrolaga : Sumber Energi Terbarukan Masa Depan. *Jurnal Kelautan Volume 11, No.1,2018*

- ISSN:1907-9931 (print), 2476-9991 (online).
<http://journal.trunojoyo.ac.id/jurnalkelautan>.
- Hadiyanto, (2014). *Biofiksasi CO₂ Oleh Mikroalga Chlamydomonas sp dalam Photobioreaktor Tubular*. Ejournal undip. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/reaktor/article/view/8390>.
- Harun, R., Singh, M., Forde, G.M., dan Danquah, M.K., (2010), Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- ITB, (2019) Pengolahan Biomassa Mikroalga Sebagai Langkah Awal Indonesia Mandiri Energi. <https://www.itb.ac.id/news/4743.xhtml>
- Jorquera, O., Kiperstok, A., Sales, E.A., Embirucu, M., Ghirardi, M.L., (2010). Comparative Energy Life-Cycle Analyses of Microalgal Biomasa Production in Open Ponds and Photobioreactors. *Bioresour Technol*, 101.
- Kawaroe M., Prartono T., Sunuddin A., Wulan Sari D., dan Augustine D., (2010). *Mikroalga Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar*. Bogor: IPB Press.
- Lardon, L., Helias, A., Sialve, B., Steyer, J.P., Bernard, O., (2009). Life Cycle Assessment of Biodisel Production from Microalgae. *Environmental science and technology*, 43.
- LIPI, (2019). <http://lipi.go.id/berita/single/Pengembangan-Mikroalga-Masih-Lamban/10550>.
- Mahfud, (2018). Biodisel Perkembangan Bahan Baku dan Teknologi, CV. Putra Media (PM). Nusantara NGriya Kebraon Tengah XVII Blok FI/10, Surabaya.
- Ojamae K., (2011). *Growth physiology and photosynthetic performance of green microalgae mass culture grown in a thin-layer cascade*. [Tesis]. University of Tartu Faculty of Science and Technology Institute of Ecology and Earth Sciences Department of Botany.
- Pramono, IA, dkk, (2018). Optimasi Ekstraksi Lipid dari *Spirulina platensis* Menggunakan Tekanan Osmotik dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik dan Produksi Metil Esternya Secara Enzimatis, *Jurnal Berkala MIPA*.
- Scott, S.A., Davey, M.P., Dennis, J.S., Horst, I., Howe, C.J., Lea-Smith, D J., and Smith, A.G. (2010). Biodisel from Algae: Challenges and Prospects. *Current Opinion in Biotechnology*, 21.
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., dan Isambert, A., (2006), "Commercial Applications of Microalgae", *Journal of Bioscience and Bioengineering*
- Sulaksono, B., (2005). Perencanaan Alat Filter Press Minyak Jarak, *Jurnal Mekanika Teknik Mesin FTUP* Vol. 1, No. 1, Januari 2005
- Verma, N.H., Mehrotra, S., Amitesh Shukla, A., and Mishra, B.N., (2010). Prospective of biodisel production utilizing microalgae as the cell factories: A comprehensive discussion. *African Journal of Biotechnology*.