

Perancangan Sistem Akuakultur pada Fotobioreaktor Mikroalga *Chlorella vulgaris*

Egri Junita*, Harmadi

Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 02 Januari 2020

Direvisi: 09 Januari 2020

Diterima: 14 Januari 2020

Kata kunci:

fotobioreaktor

lampu halogen

LED

mikroalga *Chlorella vulgaris*

oksigen terlarut

sistem akuakultur

Keywords:

photobioreactor

halogen lamp

LED

microalgae *Chlorella vulgaris*

dissolved oxygen

aquaculture system

Penulis Korespondensi:

Egri Junita

Email: egrijunita22@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan perancangan sistem akuakultur pada fotobioreaktor mikroalga *Chlorella vulgaris*. Sistem akuakultur pada fotobioreaktor dirancang menggunakan sumber cahaya yang berbeda yaitu cahaya matahari, lampu halogen dan LED biru. Sistem ini berisi 1040 mL mikroalga yang dialiri gas CO₂ dengan kecepatan alir 1,5 L/min dan dirancang dengan alat kontrol temperatur menggunakan sensor LM35. Temperatur pada sistem dipertahankan pada rentang (25-35)^oC. Intensitas cahaya pada lampu halogen divariasikan yaitu 1000 Lux, 3000 Lux dan 5000 Lux. Sistem akuakultur yang dirancang dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut dengan kadar oksigen terlarut tertinggi yang diperoleh yaitu 7,8 mg/L yang dihasilkan dari sistem akuakultur pada fotobioreaktor dengan sumber cahaya matahari pada jam 13.30 WIB. Untuk sumber cahaya buatan, kadar oksigen terlarut tertinggi diperoleh sebesar 7,7 mg/L pada jam 07.30 WIB ketika disinari lampu halogen 5000 Lux.

Aquaculture system design has been carried out on Chlorella vulgaris microalgae photobioreactors. The aquaculture system in photobioreactors is designed using different light sources namely sunlight, halogen lamp and blue LED. This aquaculture system contains 1040 mL of microalgae supplied with CO₂ gas with a flow rate of 1.5 L/min. The system designed is equipped with a temperature control device using an LM35 sensor. The temperature in the system is maintained in the range (25-35)^oC. The intensity of the light in the halogen lamp is varied, namely 1000 Lux, 3000 Lux and 5000 Lux. The designed aquaculture system can increase dissolved oxygen levels obtained 7.8 mg/L produced from the aquaculture system photobioreactor with a source of sunlight at 13.30 WIB. At artificial light sources, the highest dissolved oxygen levels were obtained at 7.7 mg/L at 07.30 WIB when it was illuminated by a 5000 Lux halogen lamp.

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Pencemaran air mengakibatkan menurunnya kualitas air yang akan berdampak bagi kehidupan. Makhluk hidup di muka bumi ini tidak dapat terlepas dari kebutuhan akan air. Pesatnya pembangunan wilayah di Indonesia dan laju pertumbuhan penduduk yang tinggi membutuhkan air dalam jumlah banyak dan sering kali tidak tersedia untuk penduduk. Pencemaran air bersih oleh aktivitas manusia seperti limbah industri, pencemaran pestisida dan deterjen, akan menyebabkan peningkatan karbondioksida (CO_2) dan mengganggu kehidupan ekosistem perairan (Dinarjati, 2009).

Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan telah memberikan banyak solusi dalam mengatasi permasalahan emisi CO_2 , salah satunya dengan menggunakan mikroalga. Mikroalga memiliki kemampuan dalam mereduksi emisi CO_2 pada proses fotosintesis (Daniyati dkk., 2012). Hal ini dimanfaatkan oleh biota air pada sistem akuakultur dalam menanggulangi CO_2 dan meningkatkan kadar oksigen terlarut. Kadar oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) merupakan kandungan gas oksigen yang larut dalam cairan dan merupakan parameter penentu kualitas air. Mikroalga digunakan sebagai bahan pengontrol kualitas air, karena memiliki kemampuan dalam meningkatkan kadar oksigen terlarut dan menurunkan kadar amonium dalam air. Mikroalga yang paling banyak dimanfaatkan untuk mitigasi emisi gas CO_2 adalah *Chlorella vulgaris* yang termasuk dalam filum *Chlorophyta*. *Chlorella vulgaris* mampu berfotosintesis dengan menggunakan sumber cahaya buatan (Bernard dkk., 2016). Kemampuan yang dimiliki mikroalga ini dapat digunakan pada fotobioreaktor dalam menghasilkan oksigen terlarut.

Fotobioreaktor merupakan bioreaktor yang digabungkan dengan sumber cahaya tertentu yang dirakit dari bahan tembus pandang (gelas, akrilik, plastik). Fotobioreaktor terbagi menjadi dua jenis yaitu fotobioreaktor tertutup dan terbuka. Kondisi pada fotobioreaktor tertutup lebih mudah dikontrol dan kemungkinan mendapatkan pengaruh dari luar secara tidak tertatur lebih kecil dibandingkan dengan fotobioreaktor terbuka.

Perancangan fotobioreaktor untuk meningkatkan konsentrasi oksigen dan mitigasi emisi gas CO_2 telah dikembangkan sebelumnya oleh Santoso dkk. (2011), Daniyati dkk. (2012) serta Biolita dan Harmadi (2017). Fotobioreaktor yang dirancang oleh Santoso dkk. (2011) dan Daniyati dkk. (2012) menggunakan sumber cahaya matahari, sehingga tidak cukup pada fotobioreaktor dan mengganggu proses pertumbuhan mikroalga. Penelitian Biolita dan Harmadi (2017) melakukan perancangan fotobioreaktor mikroalga *Chlorella vulgaris* untuk mengoptimalkan konsentrasi oksigen akan tetapi penelitian ini tidak mengukur konsentrasi oksigen terlarut. Berdasarkan permasalahan dan hasil penelitian yang telah diuraikan, maka dilakukan penelitian pengukuran konsentrasi oksigen terlarut pada sistem akuakultur berbasis fotobioreaktor mikroalga *Chlorella vulgaris*. Fotobioreaktor ini menggunakan sumber cahaya buatan yang berasal dari lampu halogen dan LED biru. Cahaya buatan diperlukan untuk menjaga kualitas mikroalga ketika tidak mendapatkan cahaya matahari. Temperatur fotobioreaktor dikontrol dengan sensor temperatur pada rentang maksimum (25-35) $^{\circ}\text{C}$.

II. METODE

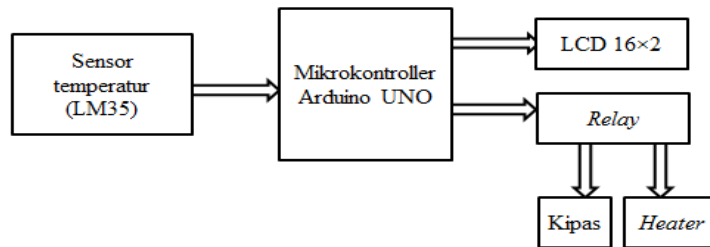
2.1 Pembuatan *Bold Bassal Medium* (BBM) Mikroalga

Bold Bassal Medium (BBM) merupakan metode yang digunakan dalam proses pembuatan nutrisi mikroalga. Metode ini menggunakan 15 jenis nutrisi, 11 nutrisi (K_2HPO_4 (Dikalium fosfat), KH_2PO_4 (Kalium dihidrogen fosfat), $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Garam Inggris), NaNO_3 (Natrium nitrat), $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Kalsium klorida), $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Manganese (II) klorida tetrahidrat), H_2SO_4 (Asam sulfat), NaCl (Natrium klorida)) masing-masing diberi volume 10 mL dan 3 nutrisi lainnya ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KOH , EDTA) bervolume 1 mL dan H_2BO_3 bervolume 0,7 mL untuk masing-masing nutrisi dilarutkan dengan aquades hingga 1000 mL. Setelah nutrisi tersebut berhasil dibuat maka langkah selanjutnya adalah disterilisasi dengan *autoklaf* dan kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruangan.

2.2 Perancangan Diagram Blok Sistem

Gambar 1 menunjukkan diagram blok sistem alat kontrol temperatur yang terdiri dari sensor temperatur LM35, mikrokontroler Arduino, LCD, relai, kipas dan *heater*. Masukan temperatur dari

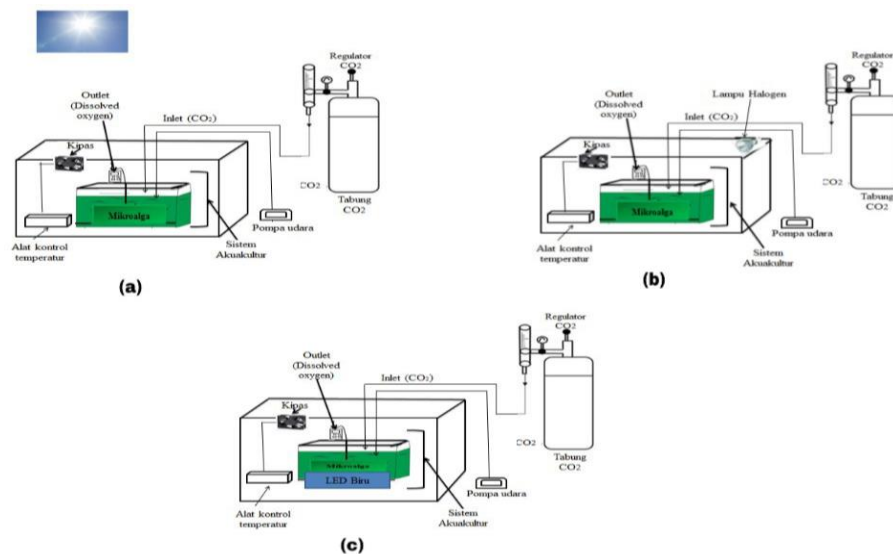
sensor LM35 akan diproses oleh mikrokontroler dan relai akan mengaktifkan kipas atau *heater* yang berada pada rentang temperatur yang ditentukan. Temperatur yang diberikan pada fotobioreaktor dipertahankan dalam rentang (25- 35)^oC. *Heater* akan menyala ketika temperatur di bawah 25^oC dan kipas akan menyala ketika temperatur di atas 35^oC. Hasil temperatur yang terbaca akan ditampilkan di LCD.



Gambar 1 Diagram blok sistem

2.3 Perancangan Sistem akuakultur Pada Fotobioreaktor dengan Sumber Cahaya Matahari, Lampu Halogen dan LED biru

Sistem akuakultur pada fotobioreaktor dirancang dengan panjang 26 cm, lebar 18 cm dan tinggi 20 cm yang diletakkan di dalam *chamber* dengan ukuran (50 × 35 × 40) cm. Fotobioreaktor diisi dengan mikroalga 1040 mL yang dialiri gas CO₂ 1,5 L/min dan disinari dengan sumber cahaya matahari, lampu halogen dan LED biru, seperti Gambar 2.



Gambar 2 Sistem akuakultur pada fotobioreaktor: (a) menggunakan cahaya matahari (b) menggunakan lampu halogen (c) menggunakan LED biru

Sistem yang dirancang dilengkapi dengan alat kontrol temperatur. Sistem akuakultur pada fotobioreaktor disinari dengan sumber cahaya yang berbeda selama 5 jam dan dilakukan pengambilan data dalam selang waktu 1 jam secara bertahap, untuk fotobioreaktor dengan sumber cahaya buatan dilapisi dengan *aluminium foil* agar tidak mendapatkan pengaruh dari sumber cahaya lain. Intensitas cahaya pada lampu halogen divariasikan yaitu 1000 Lux, 3000 Lux dan 5000 Lux yang diatur menggunakan *dimmer lamp*. Data hasil pengukuran oksigen terlarut diperoleh melalui *Dissolved Oxygen* (DO) meter yang dicelupkan kedalam sistem akuakultur pada fotobioreaktor.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil Pengembangan Sel Fotobioreaktor Mikroalga

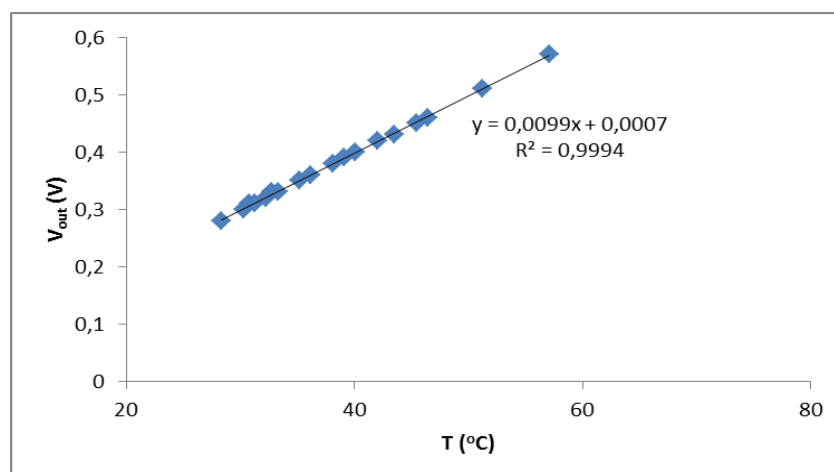
Pengembangan mikroalga pada sel fotobioreaktor dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan perkembangan induk mikroalga *Chlorella vulgaris* pada medium baru. Pengembangan mikroalga *Chlorella vulgaris* bertujuan untuk memperbanyak persediaan mikroalga. Mikroalga yang dikembangkan menggunakan *Bold Bassal Medium* (BBM) yang telah dibuat sebelumnya. BBM yang dibuat menggunakan 15 jenis nutrisi yang dilarutkan menggunakan aquades. BBM yang sudah dilarutkan kemudian disterilisasi menggunakan *autoklaf* dan didinginkan hingga mencapai suhu ruangan. Mikroalga yang dikembangkan menggunakan BBM 1000 mL dengan penambahan mikroalga 40 mL. Mikroalga ini diaerasi menggunakan pompa udara dan diberi cahaya, hal ini bertujuan untuk menjaga pertumbuhan mikroalga.



Gambar 3 (a) Induk mikroalga *Chlorella vulgaris*
(b) Mikroalga yang telah dikembangkan menggunakan BBM

3.2 Hasil Karakterisasi Sensor LM35

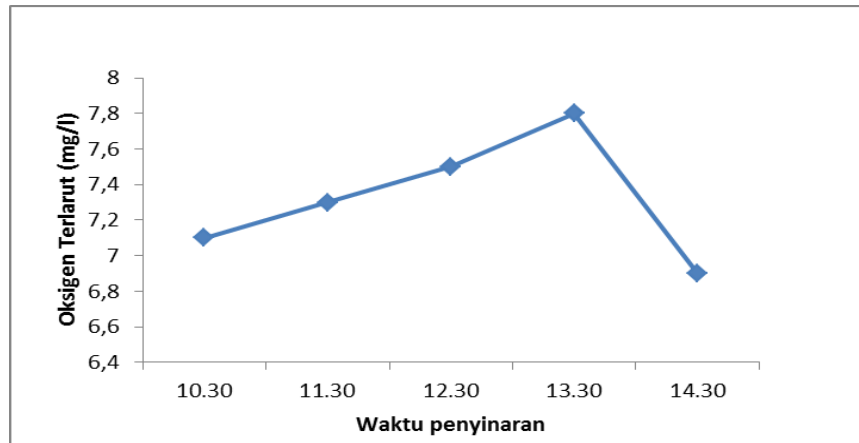
Grafik hubungan antara tegangan keluaran dan temperatur yang dikeluarkan oleh sensor LM35 dapat dilihat pada Gambar 4. Karakterisasi sensor LM35 dilakukan dengan membandingkan temperatur terhadap tegangan keluaran yang dihasilkan. Temperatur dijadikan sebagai input dan tegangan dijadikan sebagai output. Berdasarkan hasil karakterisasi sensor LM35 didapatkan fungsi transfer dari hasil perbandingan antara temperatur dan tegangan yaitu $y = 0,0099x + 0,0007$. Fungsi transfer ini menunjukkan bahwa setiap perubahan temperatur sebesar 1°C menghasilkan tegangan keluaran sebesar $0,0099 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$ dan memiliki tegangan *offset* sebesar $0,0007 \text{ V}$. Nilai koefisien determinasi yang diperoleh mendekati 1 yaitu sebesar $0,9994$.



Gambar 4 Grafik tegangan keluaran terhadap temperatur

3.3 Hasil Perancangan Sistem Akuakultur pada Fotobioreaktor dengan Sumber Cahaya Matahari

Grafik kadar oksigen terlarut terhadap waktu penyinaran menggunakan sumber cahaya matahari dapat dilihat pada Gambar 5. Waktu pengambilan data untuk sistem akuakultur pada fotobioreaktor menggunakan sumber cahaya matahari dimulai dari pukul 10.30-14.30 WIB. Pengambilan data dilakukan setiap 1 jam sekali dalam waktu 5 jam.

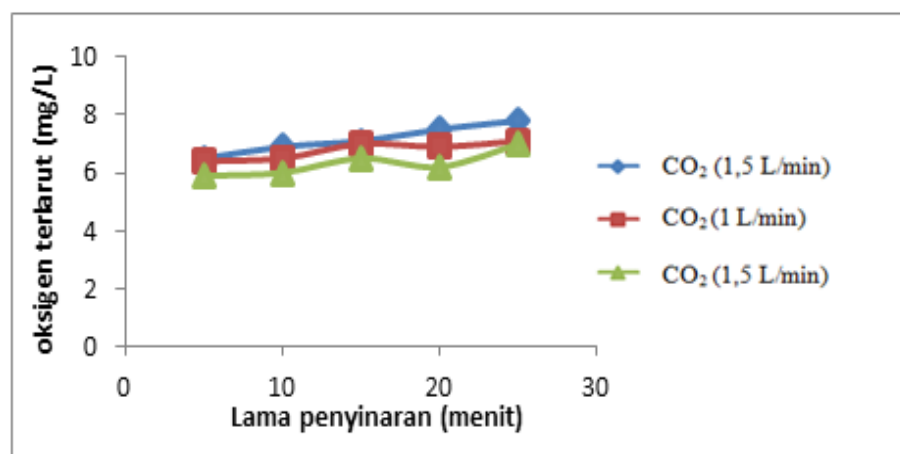


Gambar 5 Grafik kadar oksigen terlarut terhadap waktu penyinaran

Gambar 5 menunjukkan perubahan kadar oksigen terlarut yang dihasilkan oleh sistem akuakultur pada fotobioreaktor terhadap waktu penyinaran. Kadar oksigen terlarut tertinggi yang didapatkan yaitu 7,8 mg/L dan kadar oksigen terlarut terendah yaitu 6,9 mg/L. Penurunan nilai kadar oksigen terlarut yang dihasilkan disebabkan oleh berkurangnya intensitas cahaya matahari. Hal ini ditandai dengan mulai meredupnya pencahayaan matahari ketika melakukan pengukuran, sehingga mikroalga pada sistem akuakultur dari fotobioreaktor mendapatkan sedikit cahaya dalam proses fotosintesis. Intensitas cahaya sangat diperlukan dalam proses fotosintesis, karena hal ini berhubungan dengan jumlah energi yang diterima oleh mikroalga untuk melakukan fotosintesis.

3.4 Hasil Variasi Aliran CO₂ Pada Fotobioreaktor dengan Cahaya Matahari

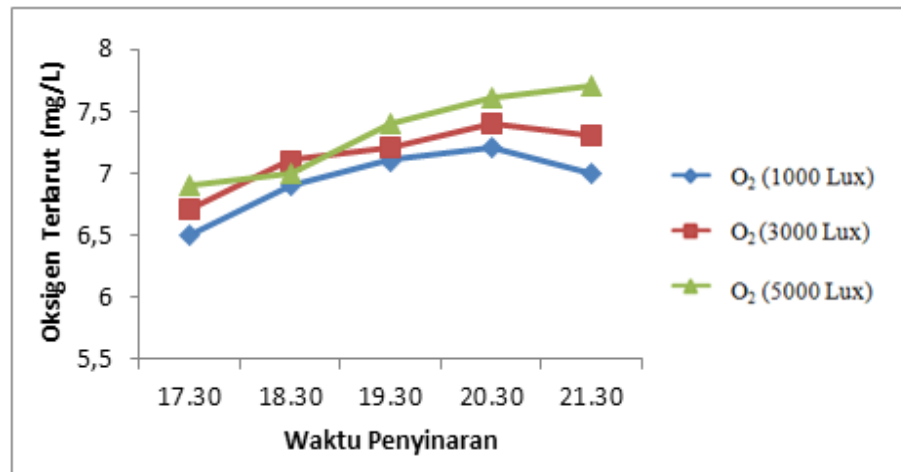
Grafik kadar oksigen terlarut terhadap lama penyinaran dapat dilihat pada Gambar 6. Variasi aliran CO₂ yang diberikan pada sistem akuakultur dari fotobioreaktor yaitu 0,5 L/min, 1 L/min dan 1,5 L/min. Variasi laju alir yang diberikan bertujuan untuk mengetahui kadar oksigen maksimal yang dihasilkan. Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa kadar oksigen terlarut maksimal ketika dialiri CO₂ 1,5 L/min. Hal ini menunjukkan bahwa CO₂ diperlukan dalam proses fotosintesis untuk menghasilkan oksigen terlarut. Besarnya CO₂ yang diserap menunjukkan kemampuan mikroalga dalam mereduksi gas CO₂.



Gambar 6 Grafik oksigen terlarut terhadap lama penyinaran

3.5 Hasil Perancangan Sistem Akuakultur Pada Fotobioreaktor dengan Sumber Cahaya Lampu Halogen (1000 Lux, 3000 Lux, 5000 Lux)

Grafik kadar oksigen terlarut terhadap waktu penyinaran yang dihasilkan oleh lampu halogen 1000 Lux, 3000 Lux dan 5000 Lux dapat dilihat pada Gambar 7. Waktu pengambilan data untuk sistem akuakultur pada fotobioreaktor menggunakan sumber cahaya lampu halogen 1000 Lux, 3000 Lux dan 5000 Lux dimulai pukul 17.30-21.30 WIB. Pengukuran oksigen terlarut dilakukan pada waktu yang sama secara bertahap. Pengambilan data menggunakan sumber cahaya buatan bertujuan untuk proses fotosintesis mikroalga ketika intensitas cahaya matahari mulai berkurang. Pengukuran dilakukan setelah mikroalga dipindahkan ke medium baru, tahapan ini merupakan tahap yang dilakukan setelah mikroalga berhasil melalui fase adaptasi (fase log).



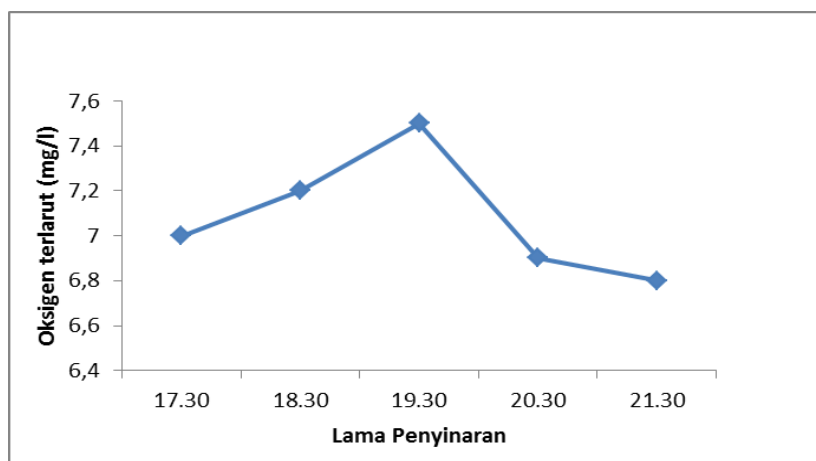
Gambar 7 Grafik kadar oksigen terlarut terhadap waktu penyinaran

Dari grafik dapat dilihat ketika sistem akuakultur pada fotobioreaktor diberikan intensitas cahaya 1000 Lux diperoleh kadar oksigen terlarut tertinggi yaitu 7,2 mg/L, kadar oksigen terlarut terendah yaitu 6,5 mg/L. Ketika disinari dengan intensitas cahaya 3000 Lux diperoleh oksigen terlarut tertinggi yaitu 7,4 mg/L dan terendah 6,7 mg/L. Penurunan kadar oksigen terlarut menggunakan dua intensitas cahaya ini terjadi karena berkurangnya pencahayaan yang diterima oleh mikroalga, sehingga energi yang diterima oleh mikroalga dalam proses fotosintesis juga berkurang.

Hasil yang diperoleh pada sistem akuakultur dengan intensitas 5000 Lux relatif meningkat, Kadar oksigen terlarut tertinggi yang dihasilkan yaitu 7,7 mg/L dan kadar oksigen terlarut terendah yaitu 6,9 mg/L. Hal yang mempengaruhi peningkatan oksigen terlarut yang dihasilkan yaitu, lampu halogen memiliki spektrum yang menyerupai spektrum cahaya matahari sehingga oksigen terlarut yang dihasilkan oleh mikroalga lebih tinggi dan intensitas 5000 Lux menunjang fase peningkatan pertumbuhan mikroalga dalam menghasilkan oksigen terlarut.

3.6 Hasil Perancangan sistem Akuakultur Pada Fotobioreaktor Menggunakan LED Biru

Grafik kadar oksigen terlarut terhadap waktu penyinaran menggunakan lampu LED biru dapat dilihat pada Gambar 8. Waktu pengambilan data untuk sistem akuakultur pada fotobioreaktor menggunakan sumber cahaya LED biru dimulai pukul 17.30-21.30 WIB. Kadar oksigen terlarut yang dihasilkan menggunakan LED biru tertinggi yaitu 7,5 mg/L dan terendah yaitu 6,8 mg/L. Hasil pengukuran kadar oksigen maksimal yang diperoleh dari fotobioreaktor menggunakan LED biru lebih rendah dibandingkan dengan hasil maksimal yang diperoleh fotobioreaktor menggunakan sumber cahaya lampu halogen, hal ini terjadi karena LED biru memiliki rentang panjang gelombang yang lebih pendek dibandingkan lampu halogen. Penyinaran yang diberikan berhubungan dengan panjang gelombang yang diserap oleh mikroalga. Panjang gelombang berkaitan dengan energi yang akan digunakan mikroalga pada proses fotosintesis dalam menghasilkan oksigen terlarut dari fotobioreaktor.



Gambar 8 Grafik kadar oksigen terlarut terhadap waktu penyinaran

IV. KESIMPULAN

Sistem akuakultur pada fotobioreaktor yang telah dirancang dapat meningkatkan hasil kadar oksigen terlarut, dengan hasil maksimal yang diperoleh yaitu 7,8 mg/L ketika disinari sumber cahaya matahari dan untuk sumber cahaya buatan, kadar oksigen terlarut tertinggi diperoleh 7,7 mg/L ketika disinari sumber cahaya lampu halogen 5000 Lux. Sensor LM35 yang digunakan pada sistem kontrol dari fotobioreaktor telah bekerja secara baik dengan koefisien determinasi 0,9994. Alat kontrol temperatur yang dirancang dapat bekerja pada rentang (25-35)^oC. Variasi laju alir CO₂ yang diberikan akan mempengaruhi kadar oksigen terlarut yang dihasilkan, semakin tinggi aliran CO₂ yang dialirkan semakin besar oksigen terlarut yang dihasilkan, kadar oksigen terlarut tertinggi diperoleh 7,8 mg/L ketika dialiri CO₂ 1,5 L/min. Mikroalga *Chlorella vulgaris* mampu mereduksi gas CO₂ dan meningkatkan oksigen terlarut.

DAFTAR PUSTAKA

- Biolita, N.O., Harmadi, Perancangan Fotobioreaktor Mikroalga *Chlorella vulgaris* Untuk Mengoptimalkan Konsentrasi Oksigen (O₂), *Jurnal Fisika Unand*, 6(3), hal 296-305 (2017).
- Bernard, O., Goncalves, A., Bensalleem, S., Lopes, F., Maia, S.R, 2016, Influence of Temperature On *Chlorella vulgaris* Growth And mortality Rates IN A Photobioreactor, *Journal of Alga Research*, Department of Geosciences, Virginia Tech, Blacksburg, VA, USA, hal 352-359.
- Daniyati, R., Yudhoyono, G., Rubiyanto, A., Desain Closed Photobioreaktor *Chlorella vulgaris* sebagai mitigasi CO₂, *Jurnal sains dan Seni ITS*, 5(1), hal 1-5 (2012).
- Dinarjati, E.P., Dampak Pencemaran Air Terhadap Kesehatan Lingkungan, *jurnal Sains*, 21(1), hal 23-34 (2009).
- Santoso, D., Rahmania, Darmawan, A., Joko P, Mikroalga Untuk Penerapan Emisi CO₂ dan Pengolahan Limbah Cair di Lokasi Industri, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 3(2), hal 62-70 (2011).