

## Perancangan Fotobioreaktor Mikroalga *Chlorella vulgaris* untuk Mengoptimalkan Konsentrasi Oksigen ( $O_2$ )

Nadya Okta Biolita\*, Harmadi

Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika FMIPA

Universitas Andalas, Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163

\*nadyaoktabiolita@gmail.com

### ABSTRAK

Telah dilakukan perancangan fotobioreaktor mikroalga *Chlorella vulgaris* untuk mengoptimalkan konsentrasi Oksigen ( $O_2$ ) menggunakan sumber cahaya dari lampu halogen dan LED biru. Pada perancangan ini digunakan cahaya matahari sebagai pembanding dari sumber cahaya buatan dan cahaya dengan intensitas 0 lux untuk kontrol perlakuan pada ruangan gelap. Sistem dilengkapi dengan alat kontrol temperatur menggunakan dua sensor LM35. Fotobioreaktor memiliki dua tabung, masing-masing tabung berisi 1250 ml mikroalga *Chlorella vulgaris*. Tabung pertama disuplai gas  $CO_2$  dengan kecepatan alir 0,5 L/min dan tabung kedua tidak disuplai gas  $CO_2$ . Intensitas sumber cahaya lampu halogen divariasikan pada 1000, 3000 dan 5000 lux. Intensitas LED biru yang digunakan adalah 1065 lux. Pengontrolan temperatur berhasil mempertahankan temperatur fotobioreaktor pada rentang 25 – 35 °C. Konsentrasi maksimum gas  $O_2$  yang dihasilkan yaitu 21,7 % pada fotobioreaktor yang menggunakan lampu halogen 1000 lux dengan suplai gas  $CO_2$  dengan lama penyinaran 7 jam. Hasil ini sesuai dengan fotobioreaktor menggunakan sumber cahaya matahari dengan suplai gas  $CO_2$  pada jam 15.00 WIB.

Kata kunci: fotobioreaktor, lampu halogen, LED biru, LM35, mikroalga *Chlorella vulgaris*.

### ABSTRACT

*Microalgae Chlorella vulgaris photobioreactor to optimize the concentration of Oxygen ( $O_2$ ) using halogen lamp and Blue LED has been designed. In this design, sunlight is used as comparison to artificial light source and light with intensity of 0 lux for treatment control in dark room. The system is equipped with a temperature control device using two LM35 sensors. Photobioreactor has two tubes, each tube contains 1250 ml of Chlorella vulgaris microalgae. The first tube is supplied with  $CO_2$  gas with a flow rate of 0.5 L / min and the second tube is not supplied with  $CO_2$  gas. The intensity of the halogen lamp light source is varied at 1000, 3000 and 5000 lux. The intensity of blue LED used is 1065 lux. Temperature control successfully maintains the photobioreactor temperature in the range of 25 - 35 ° C. The maximum concentration of  $O_2$  gas produced is 21.7% in the photobioreactor using a 1000 lux halogen lamp with a  $CO_2$  gas supply with 7 hours of exposure time. This result is in accordance with the photobioreactor using a solar light source with a  $CO_2$  gas supply at 03.00 PM.*

*Keywords: blue LED, halogen lamp, LM35, microalgae chlorella vulgaris, photobioreactor.*

## I. PENDAHULUAN

Pemanasan global dapat menyebabkan meningkatnya temperatur di permukaan bumi, sehingga berpotensi menimbulkan bencana alam. Salah satu penyebab dari pemanasan global adalah bertambahnya emisi gas  $CO_2$  (Karbon dioksida). Gas  $CO_2$  merupakan emisi terbesar yang dilepaskan ke udara pada kasus pembakaran hutan, konsentrasi gas  $CO_2$  mencapai 90% dari emisi keseluruhan pembakaran (Nurhayati dkk., 2010). Pertambahan emisi gas  $CO_2$  sangat mempengaruhi kualitas udara. Usaha untuk mengurangi konsentrasi gas  $CO_2$  telah banyak dilakukan, salah satunya dengan menggunakan mikroalga. Mikroalga memiliki jumlah yang berlimpah dan berkembang biaknya cukup mudah untuk dilakukan sehingga mikroalga mampu menjadi sumber daya yang terbarukan (Daniyati dkk., 2012). Mikroalga menangkap  $CO_2$  bersama cahaya untuk proses fotosintesis sehingga menghasilkan  $O_2$ . (Pujiono, 2013). Salah satu jenis mikroalga yang paling banyak dimanfaatkan untuk mitigasi emisi gas  $CO_2$  adalah *Chlorella vulgaris*. *Chlorella vulgaris* mudah ditemukan hampir di seluruh wilayah Indonesia. *Chlorella vulgaris* mampu berfotosintesis dengan sumber cahaya buatan (Bernard dkk., 2016) memiliki umur sel yang lebih lama dibandingkan dengan mikroalga lainnya yaitu mencapai 60 hari (Kurnia, 2015). Pengoptimalan kemampuan dari mikroalga dalam menangkap konsentrasi  $O_2$  dapat diperoleh melalui perancangan suatu fotobioreaktor. Salah satu jenis fotobioreaktor adalah fotobioreaktor *tubular* yang memiliki efisiensi fotosintesis tertinggi dibandingkan dengan jenis fotobioreaktor tertutup lainnya (Hadiyanto dkk., 2012). Penggunaan

fotobioreaktor pada mikroalga untuk pengoptimalan konsentrasi  $O_2$  dan mitigasi emisi gas  $CO_2$  telah dikembangkan oleh Santoso dkk. (2011), Daniyati dkk. (2012) dan Yuliandri dkk. (2013). Penelitian Daniyati dkk. (2012) tidak memvariasikan sumber cahaya pada fotobioreaktor. Fotobioreaktor yang dirancang oleh Santoso dkk. (2011) dan Yuliandri dkk. (2013) tidak mengukur konsentrasi gas  $O_2$  dan tidak memvariasikan sumber cahaya.

Penelitian ini merancang fotobioreaktor mikroalga *Chlorella vulgaris* untuk mengoptimalkan konsentrasi  $O_2$ . Fotobioreaktor yang dirancang adalah fotobioreaktor *tubular* dengan variasi pemberian konsentrasi gas  $CO_2$  sebesar 0,5 L/min dan tanpa pemberian konsentrasi gas  $CO_2$ . Fotobioreaktor ini menggunakan mikroalga *Chlorella vulgaris* dan sumber cahaya berasal dari LED biru dan lampu halogen. Konsentrasi  $O_2$  yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan yang dihasilkan sumber cahaya matahari dan kontrol perlakuan pada keadaan tanpa cahaya. Suhu fotobioreaktor dikontrol dengan alat kontrol temperatur. Pengontrolan suhu dilakukan karena mikroalga mampu hidup secara maksimal pada rentang suhu 25 - 35 °C (Chrismada dkk., 2007).

## II. METODE

### 2.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan meliputi pembuatan nutrisi pada mikroalga, pengujian respon konsentrasi  $O_2$  pada mikroalga, pengkulturan awal mikroalga *Chlorella vulgaris* sebanyak 250 mL dan pengujian absorpsi cahaya mikroalga *Chlorella vulgaris* menggunakan spektrometer UV-Vis.

#### 2.1.1 Pembuatan nutrisi pada mikroalga

Pembuatan nutrisi ini menggunakan metode Bold Basal Medium (BBM). Metode ini menggunakan 15 jenis nutrisi, 11 nutrisi ( $K_2HPO_4$  (Kalium fosfat),  $KH_2PO_4$  (Kalium dihidrogen fosfat),  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  (Garam Inggris),  $NaNO_3$  (Natrium nitrat),  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$  (Kalsium klorida),  $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ,  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ,  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$  (Mangan (II) klorida tetrahidrat),  $H_2SO_4$  (Asam sulfat),  $NaCl$  (Natrium klorida)) masing-masing nutrisi diberi volume 10 mL. 3 nutrisi ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $KOH$ ,  $EDTA$ ) bervolume 1 mL dan  $H_2BO_3$  bervolume 0,7 mL. Masing-masing nutrisi dari dilarutkan dengan aquades hingga 1000 mL.

#### 2.1.2 Pengujian respon konsentrasi $O_2$ pada sampel mikroalga 250 mL

Pengujian sampel mikroalga 250 ml dilakukan untuk menentukan respon  $O_2$  yang terkandung. Penelitian dilakukan dengan cara pendeteksian  $O_2$  pada botol kultur mikroalga dan pada udara bebas seperti pada Gambar 1. Dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa pada udara bebas konsentrasi  $O_2$  sebesar 19% dan pada botol kultur mikroalga konsentrasi  $O_2$  19,1%. Konsentrasi bertambah sebesar 0,1 %.



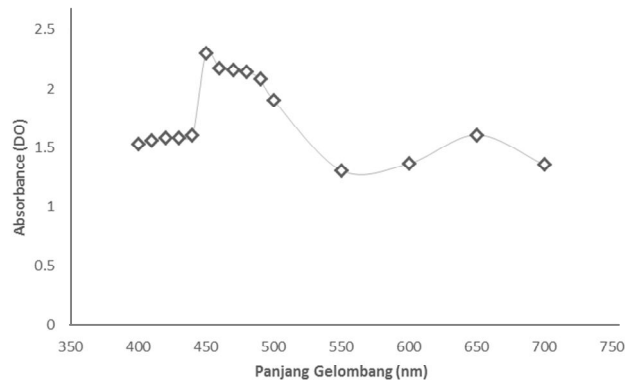
**Gambar 1** Respon  $O_2$  pada (a) udara bebas dan (b) pada botol kultur mikroalga

#### 2.1.3 Pengkulturan awal mikroalga *Chlorella vulgaris* 250 ml

Pengkulturan mikroalga *Chlorella vulgaris* dilakukan menggunakan nutrisi yang telah dibuat, kemudian dicampurkan dengan bibit mikroalga sebanyak 17 mL.

### 2.1.4 Pengujian absorpsi cahaya mikroalga *Chlorella vulgaris* menggunakan spektrometer UV-Vis

Pengujian absorpsi cahaya dilakukan untuk mengetahui panjang gelombang yang mampu diserap oleh mikroalga. Dari pengujian diketahui bahwa panjang gelombang yang diserap oleh mikroalga berkisar antara 400 nm -700 nm, hal ini menjadi alasan dari pemilihan LED Biru yang memiliki panjang gelombang 450 nm -500 nm. Panjang gelombang maksimum yang diserap oleh mikroalga adalah 450 nm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



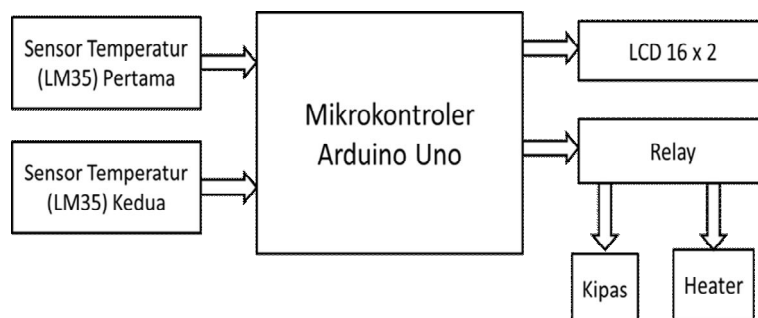
**Gambar 2** Grafik Spektrometer UV-Vis untuk mikroalga *Chlorella vulgaris*

## 2.2 Perancangan Alat Kontrol Temperatur

Perancangan alat kontrol temperatur dilakukan untuk menjaga temperatur pada mikroalga yang berada pada rentang 25 – 35 °C. Kontrol temperatur menggunakan dua buah sensor LM35, dimana sensor pertama (T1) digunakan pada fotobioreaktor yang di suplai gas CO<sub>2</sub> dan sensor kedua (T2) digunakan pada fotobioreaktor tanpa suplai gas CO<sub>2</sub>. Kontrol temperatur ini menggunakan kipas dan *heater* untuk menjaga temperatur pada mikroalga. Hasil keluaran pada kontrol temperatur ini ditampilkan pada LCD 16 x 2 dan menggunakan Arduino Uno sebagai pengolah data.

### 2.2.1 Perancangan Diagram Blok Sistem

Perancangan sistem kontrol temperatur pada fotobioreaktor terdiri dari 2 rangkaian sensor temperatur (LM35), rangkaian sistem minimum mikrokontroler Arduino Uno, rangkaian LCD dan relai. Diagram blok dari perancangan sistem tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

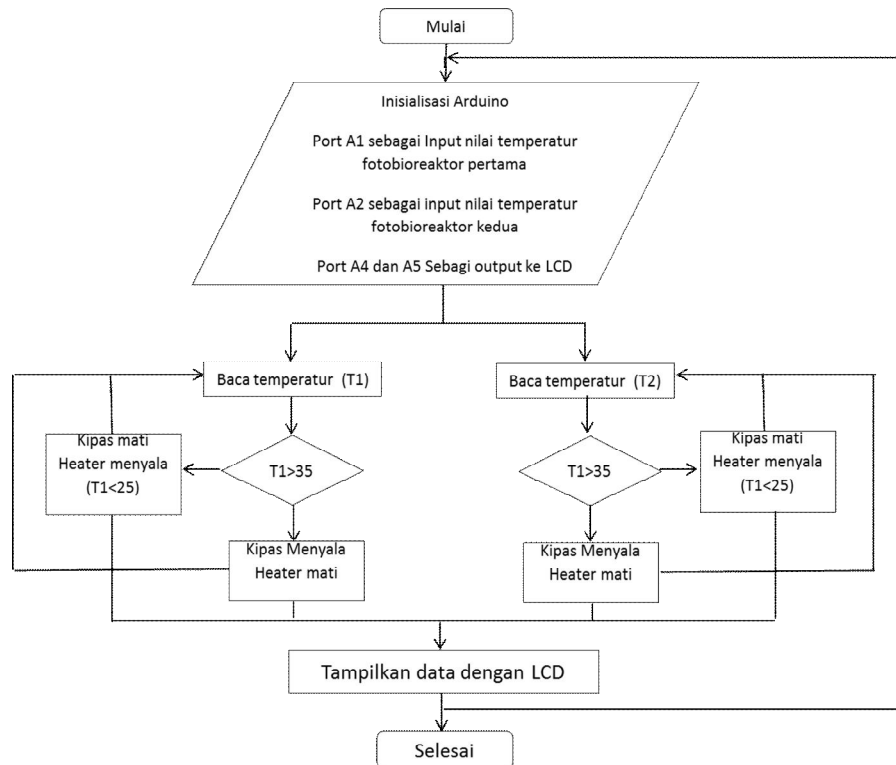


**Gambar 3** Diagram blok sistem

Prinsip kerja dari pengontrolan temperatur pada penelitian ini yaitu diawali oleh masukan temperatur yang terbaca atau terdeteksi pada 2 rangkaian sensor LM35, selanjutnya mikrokontroler memproses nilai temperatur yang terdeteksi tersebut. Apabila salah satu temperatur yang terdeteksi lebih besar dari batas temperatur yang ditentukan ( $T > 35$  °C), maka mikrokontroler mengaktifkan relai pada kipas dan menonaktifkan relai pada *heater* sehingga kipas menyala dan *heater* mati. Apabila salah satu temperatur yang terdeteksi lebih kecil dari batas temperatur yang ditentukan ( $T < 25$  °C) maka mikrokontroler menonaktifkan relai pada kipas dan mengaktifkan relai pada *heater* sehingga kipas mati heater menyala.

2.2.2 Perancangan Program

Kontrol temperatur menggunakan 2 sensor LM35 dimana (T1) sebagai temperatur yang terukur pada fotobioreaktor yang disuplai gas CO<sub>2</sub> dan (T2) sebagai temperatur yang terukur pada fotobioreaktor tanpa suplai gas CO<sub>2</sub>. Program yang dirancang berdasarkan pada diagram alir seperti pada Gambar 4. Pada awal program diberi input dari 2 sensor temperatur kemudian program membaca nilai temperatur yang terbaca pada 2 sensor LM35. Nilai input temperatur yang terdeteksi dibandingkan, *heater* akan menyala jika temperatur yang terukur di bawah 25 - 35 °C. Jika temperatur 25°C hingga di atas 35 °C kipas menyala. Nilai temperatur ditampilkan pada LCD.

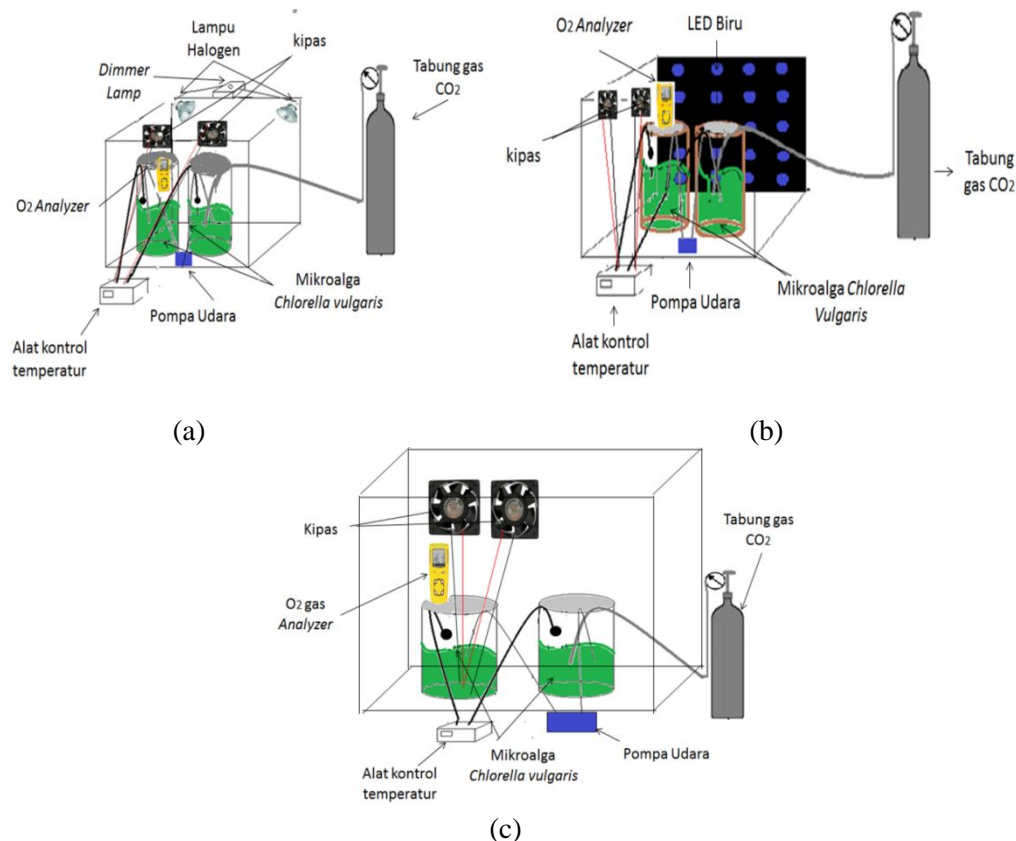


Gambar 4 Diagram alir program

2.3 Perancangan Fotobioreaktor

Perancangan menggunakan dua buah fotobioreaktor yang memiliki tinggi 50 cm dan berdiameter 10 cm yang diletakkan di dalam *chamber* cahaya berukuran 40 cm x 50 cm x 60 cm. Masing – masing fotobioreaktor berisi 1250 mL mikroalga dengan pemberian mikroalga awal yaitu 250 mL dan pemberian nutrisi sebanyak 1000 mL

Salah satu fotobioreaktor disuplai dengan gas CO<sub>2</sub> dengan kecepatan alir 0,5 L/min sementara fotobioreaktor yang lain tidak disuplai dengan CO<sub>2</sub>. Variasi pemberian CO<sub>2</sub> ini dilakukan untuk mengetahui jenis fotobioreaktor yang paling baik dalam menghasilkan gas O<sub>2</sub>. Fotobioreaktor dilengkapi dengan alat kontrol temperatur, alat kontrol ini mengatur temperatur fotobioreaktor agar tetap terjaga pada rentang 25 – 35 °C. Keluaran gas O<sub>2</sub> yang dihasilkan dari fotobioreaktor diukur menggunakan *O<sub>2</sub> gas analyzer*. Perancangan dari fotobioreaktor ditunjukkan pada Gambar 5.



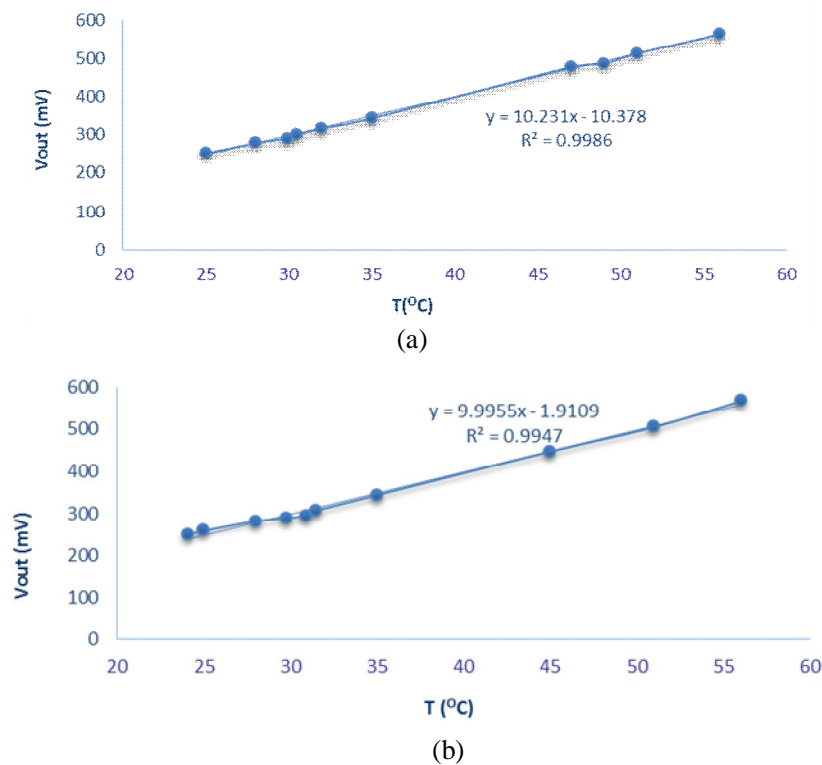
**Gambar 5** Perancangan Fotobioreaktor (a) lampu halogen (b) LED Biru (c) cahaya matahari

Chamber cahaya dilapisi *aluminium foil* pada perancangan fotobioreaktor lampu halogen dan LED Biru, pada sumber cahaya matahari tidak dilapisi *aluminium foil*. Intensitas pada lampu halogen divariasikan sebesar 1000, 3000, dan 5000 lux, intensitas ini diatur menggunakan *dimmer lamp*. Selain ketiga perancangan diatas, dilakukan pengambilan data pada fotobioreaktor keadaan tanpa cahaya (0 lux). Perancangan fotobioreaktor yang digunakan sama seperti perancangan fotobioreaktor sumber cahaya matahari. Tujuan dari pengambilan data untuk keadaan tanpa cahaya (0 lux) adalah untuk mengetahui kemampuan mikroalga *Chlorella vulgaris* dalam menghasilkan konsentrasi O<sub>2</sub> pada keadaan gelap. Pengambilan data pada perancangan fotobioreaktor lampu halogen, LED Biru, dan keadaan tanpa cahaya dilakukan selama 7 jam, sedangkan pada fotobioreaktor menggunakan sumber cahaya matahari dilakukan selama 10 jam.

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Karakterisasi Sensor LM35

Karakterisasi dilakukan pada 2 sensor LM35. Hal ini dikarenakan alat kontrol temperatur digunakan untuk mengontrol temperatur pada 2 tabung Sensor LM35 ke-1 digunakan pada fotobioreaktor yang disuplai gas CO<sub>2</sub> dan sensor LM35 ke-2 digunakan pada fotobioreaktor tanpa suplai gas CO<sub>2</sub>. Hasil karakterisasi sensor LM35 ke-1 dapat dilihat pada Gambar 6.

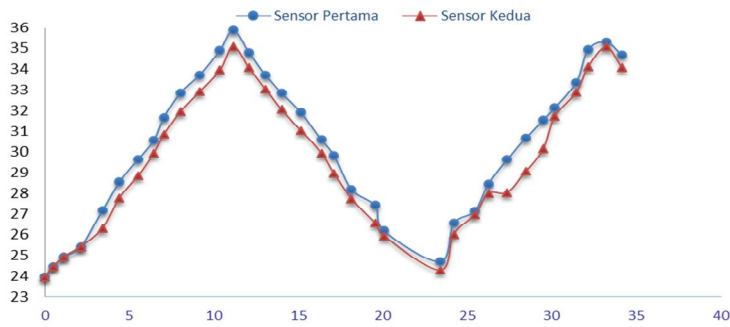


Gambar 6 Grafik hasil karakterisasi sensor LM35 (a) ke-1(b) ke-2

Pada Gambar 6 (a) didapatkan hasil karakterisasi sensor LM35 ke-1. Fungsi transfer yang didapatkan yaitu  $y = 10,231x - 10,378$ . Fungsi transfer ini menunjukkan bahwa setiap perubahan temperatur sebesar  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  menghasilkan perubahan tegangan keluaran sebesar  $10,231\text{ mV}$  dan memiliki tegangan *offset* sebesar  $-10,378\text{ mV}$ . Nilai tegangan *offset* ini merupakan nilai tegangan awal sensor pada temperatur  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Koefisien determinasi yang dihasilkan mendekati 1 yaitu sebesar  $0,9986$ . Hasil karakterisasi sensor LM35 ke-2 menunjukkan fungsi transfer  $y = 9,9955x - 1,9109$ . Fungsi transfer ini menunjukkan bahwa setiap perubahan temperatur sebesar  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  menghasilkan perubahan tegangan keluaran sebesar  $9,9955\text{ mV}$  dan memiliki tegangan *offset* sebesar  $-1,9109\text{ mV}$ . Nilai tegangan *offset* ini merupakan nilai tegangan awal sensor pada temperatur  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  bernilai  $-1,9109\text{ mV}$ . Koefisien determinasi yang dihasilkan mendekati 1 yaitu sebesar  $0,9947$ .

### 3.2 Pengukuran Alat Kontrol Temperatur

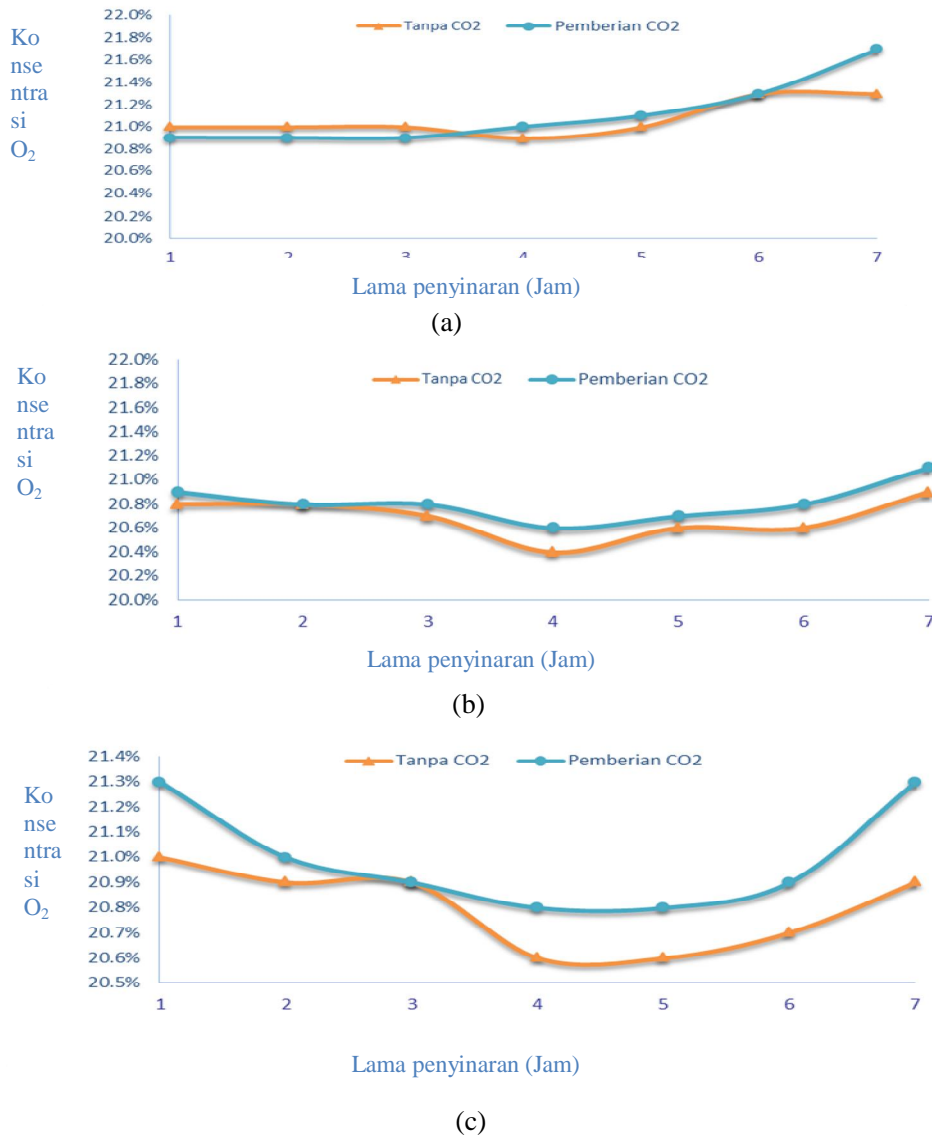
Sistem kontrol ini menggunakan relai sebagai saklar. Sistem kontrol ini menjaga temperatur agar selalu pada rentang  $25 - 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 7. Pengujian temperatur dilakukan pada 2 sensor LM35. Saat sistem kontrol aktif maka sensor akan mendeteksi kenaikan temperatur hingga  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Jika temperatur yang terdeteksi diatas  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  maka kipas aktif dan *heater* mati dan jika temperatur yang terdeteksi dibawah  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  maka *heater* akan menyala dan kipas mati. Sensor pertama, sistem kontrol ini dapat menjaga temperatur tertinggi  $35,86\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan temperatur terendah yaitu  $24,71\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan pada sensor kedua sistem kontrol ini dapat menjaga temperatur tertinggi sebesar  $35,07\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan temperatur terendah yaitu  $24,26\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Perbedaan nilai temperatur yang terdeteksi oleh kedua sensor disebabkan oleh perbedaan nilai derajat kolerasi linier pada kedua sensor sehingga terjadinya perbedaan galat.



Gambar 7 Hasil pengujian kontrol temperatur

### 3.3 Konsentrasi O<sub>2</sub> pada Fotobioreaktor Sumber Cahaya Lampu Halogen

Pengambilan data pada fotobioreaktor sumber cahaya lampu halogen dilakukan secara kontinyu pada intensitas cahaya 1000, 3000 dan 5000 lux sehingga terjadinya perbedaan waktu pada saat pengambilan data. Pengaturan intensitas cahaya lampu halogen menggunakan *dimmer lamp*. Hasil konsentrasi O<sub>2</sub> yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 8.



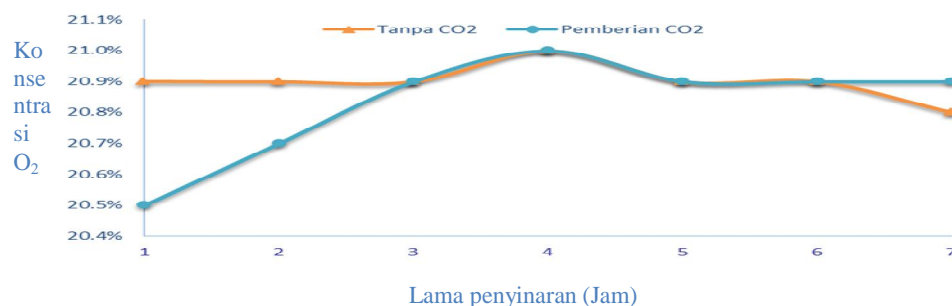
Gambar 8 Grafik konsentrasi gas O<sub>2</sub> pada halogen (a) 1000 lux (b) 3000 lux (c) 5000 lux

Waktu pengambilan data pada fotobioreaktor lampu halogen intensitas 1000 lux dilakukan dari jam 09.00 – 16.00 WIB. Pada intensitas 3000 lux dilakukan dari jam 16.00 – 23.00 WIB dan pada intensitas 5000 lux dilakukan pada jam 23.00 – 06.00 WIB. Pada fotobioreaktor sumber cahaya lampu halogen terjadi penurunan konsentrasi gas O<sub>2</sub> yang signifikan pada jam ke-4. Hal ini membuktikan bahwa pada saat lama penyinaran 4 jam proses fotosintesis tidak berjalan dengan lancar dikarenakan terjadinya pengurangan energi yang dibutuhkan pada saat proses fotosintesis pada lama penyinaran tersebut. Andriyono (2001) menjelaskan bahwa periode penyinaran dapat berpengaruh dalam proses sintesis bahan organik pada fotosintesis karena hanya dengan energi yang cukup proses tersebut dapat berjalan dengan lancar.

Konsentrasi gas O<sub>2</sub> paling tinggi dihasilkan pada fotobioreaktor sumber cahaya lampu halogen intensitas 1000 lux tanpa suplai gas CO<sub>2</sub> yaitu sebesar 21,7 %. Perancangan fotobioreaktor lampu halogen menunjukkan bahwa konsentrasi gas O<sub>2</sub> yang dihasilkan pada fotobioreaktor dengan suplai gas CO<sub>2</sub> lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa suplai gas CO<sub>2</sub>. Hal ini dikarenakan suplai gas CO<sub>2</sub> dibutuhkan dalam proses fotosintesis sehingga semakin tinggi pemberian gas CO<sub>2</sub> maka konsentrasi gas O<sub>2</sub> semakin tinggi.

### 3.4 Konsentrasi O<sub>2</sub> pada Fotobioreaktor Sumber Cahaya LED Biru

Intensitas yang terukur pada fotobioreaktor LED Biru yaitu 1065 lux. Waktu pengambilan data dilakukan dari jam 13.00 – 20.00 WIB. Hasil konsentrasi gas O<sub>2</sub> yang didapatkan pada fotobioreaktor sumber cahaya LED biru dapat dilihat pada gambar 9. Gambar 9 menunjukkan konsentrasi O<sub>2</sub> yang dihasilkan pada fotobioreaktor yang disuplai dengan gas CO<sub>2</sub> dan tanpa suplai gas CO<sub>2</sub> menggunakan LED biru. Pada kedua jenis fotobioreaktor ini terjadi kenaikan konsentrasi gas O<sub>2</sub> pada jam ke – 4. Pada jam ke-5 hingga jam ke-7 konsentrasi gas O<sub>2</sub> yang dihasilkan mikroalga *Chlorella vulgaris* mengalami penurunan.

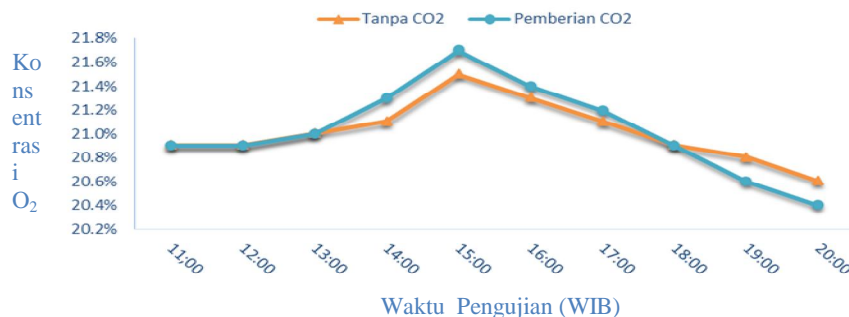


Gambar 9 Grafik konsentrasi gas O<sub>2</sub> yang dihasilkan pada LED Biru

### 3.5 Konsentrasi O<sub>2</sub> pada Fotobioreaktor Sumber Cahaya Matahari

Pengambilan data konsentrasi gas O<sub>2</sub> pada perancangan fotobioreaktor menggunakan sumber cahaya matahari dilakukan dari jam 11.00 – 20.00 WIB. Intensitas cahaya yang terukur pada masing – masing jam berbeda – beda. Hasil konsentrasi gas O<sub>2</sub> yang didapatkan pada fotobioreaktor sumber cahaya matahari dapat dilihat pada Gambar 10.





**Gambar 10** Grafik konsentrasi gas O<sub>2</sub> yang dihasilkan pada fotobioreaktor sumber cahaya matahari

Fotobioreaktor sumber cahaya matahari mengalami kenaikan konsentrasi gas O<sub>2</sub> dari jam 11.00 - 15.00 WIB dan mengalami penurunan setelah jam 15.00– 20.00 WIB. Hal ini terjadi karena fotosintesis berlangsung optimal pada siang hari dan kemampuan mikroalga untuk melakukan fotosintesis akan berkurang dari sore hari hingga malam hari.

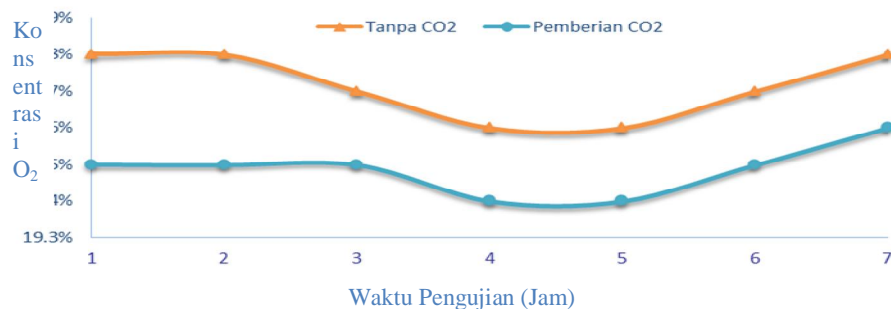
Pada jam 14.00 – 16. 00 WIB fotobioreaktor dengan suplai CO<sub>2</sub> menghasilkan konsentrasi O<sub>2</sub> lebih banyak jika dibandingkan dengan fotobioreaktor yang tidak disuplai dengan gas CO<sub>2</sub>. Hal ini membuktikan bahwa pada rentang waktu tersebut mikroalga *Chlorella vulgaris* dapat menyerap gas CO<sub>2</sub> dengan sangat baik sehingga konsentrasi O<sub>2</sub> pada fotobioreaktor dengan suplai CO<sub>2</sub> menghasilkan konsentrasi gas O<sub>2</sub> yang lebih banyak, sedangkan pada malam hari 19.00 – 20.00 WIB konsentrasi gas O<sub>2</sub> yang dihasilkan pada fotobioreaktor tanpa suplai gas CO<sub>2</sub> lebih banyak jika dibandingkan dengan fotobioreaktor yang diberikan suplai gas CO<sub>2</sub>. Hal ini dikarenakan kurangnya mikroalga dalam menyerap gas CO<sub>2</sub> pada malam hari sehingga proses fotosintesis tidak berlangsung secara optimal dan menyebabkan terjadi emisi pada fotobioreaktor yang disuplai gas CO<sub>2</sub> sehingga menyebabkan fotobioreaktor yang disuplai gas CO<sub>2</sub> menghasilkan lebih sedikit konsentrasi gas oksigen (O<sub>2</sub>).

Intensitas cahaya yang terukur pada perancangan fotobioreaktor ini memiliki intensitas yang berbeda-beda. Intensitas tertinggi adalah pada jam 14.00 WIB yaitu 53700 lux namun proses fotosintesis tidak berlangsung maksimal pada pada jam 14.00 WIB hal ini dikarenakan intensitas cahaya yang sangat tinggi dapat menjadikan terhambatnya proses fotosintesis (fotoinhibisi) (Widyaningrum dkk., 2013). Intensitas terendah yang terukur adalah 83 lux pada jam 20.00 WIB.

### 3.6 Keadaan tanpa Cahaya

Waktu pengambilan data dilakukan dari jam 08.00 WIB – 15.00 WIB. Hasil konsentrasi gas O<sub>2</sub> yang di dapatkan pada lampu halogen 0 lux dapat dilihat pada Gambar 11. Fotobioreaktor mengalami penurunan konsentrasi gas O<sub>2</sub> pada jam ke-3 dan jam ke-4. Hal ini membuktikan bahwa pada saat lama penyinaran tersebut proses fotosintesis tidak berjalan dengan lancar dikarenakan terjadinya pengurangan energi yang dibutuhkan pada saat proses fotosintesis pada lama penyinaran tersebut.

Konsentrasi gas O<sub>2</sub> yang dihasilkan pada fotobioreaktor yang disuplai gas CO<sub>2</sub> lebih rendah dibandingkan dengan tanpa pemberian gas CO<sub>2</sub>. Hal ini disebabkan karena pada keadaan gelap mikroalga tidak mampu melakukan proses fotosintesis secara maksimal sehingga pemberian gas CO<sub>2</sub> pada mikroalga tidak mampu diserap oleh mikroalga untuk diproses menjadi O<sub>2</sub>. Hal ini menyebabkan pemberian gas CO<sub>2</sub> menjadi emisi yang dapat mengurangi konsentrasi gas O<sub>2</sub>. Pada fotobioreaktor tanpa suplai gas CO<sub>2</sub> tidak terjadi penambahan gas CO<sub>2</sub> sehingga menyebabkan lebih banyak konsentrasi gas O<sub>2</sub>. Konsentrasi gas O<sub>2</sub> tidak mencapai 20%.



**Gambar 11** Grafik konsentrasi gas O<sub>2</sub> yang dihasilkan pada intensitas 0 lux

#### IV. KESIMPULAN

Rancangan fotobioreaktor mikroalga *Chlorella vulgaris* menggunakan lampu halogen dan LED Biru telah berhasil mengoptimalkan konsentrasi O<sub>2</sub> dengan persentase di atas 20%. Kedua sensor LM35 yang digunakan untuk kontrol temperatur pada fotobioreaktor telah berfungsi dengan baik dengan koefisien determinasi sebesar 0,9986 untuk sensor LM35 ke-1 dan 0,9947 untuk sensor LM35 ke-2. Perancangan alat kontrol temperatur telah berhasil mengontrol temperatur pada fotobioreaktor agar tetap pada rentang suhu 25 - 35 °C. Konsentrasi gas O<sub>2</sub> tertinggi adalah 21,7% yang diperoleh dari fotobioreaktor lampu halogen 1000 lux dengan suplai gas CO<sub>2</sub> pada jam ke-7 dan pada fotobioreaktor sumber cahaya matahari dengan suplai gas CO<sub>2</sub> saat jam 15.00 WIB. Konsentrasi gas O<sub>2</sub> pada lampu halogen 0 lux tidak sampai 20%. Konsentrasi yang didapatkan berada pada rentang 19,4% - 19,8%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andriyono, S., 2001, Pengaruh Periode Penyinaran Terhadap Pertumbuhan Isochrysis Galbana Klon Tahiti, Skripsi, IPB, Bogor. Hal 14 – 22.
- Bernard, O., Goncalves, A., Bensalleem, S., Lopes, F., Maia, S.R, 2016, Influence of Temperature On Chlorella Vulgaris Growth Andmortality Rates In A Photobioreactor, Journal of Alga Research, Department of Geosciences, Virginia Tech, Blacksburg, VA.
- Chrimadha, T., Suryatini, D., Mardiaty, Y., 2007, Respon Kultur Mikroalga Dalam Fotoreaktor Tegak Berpenyekat Terhadap Variasi Intensitas Cahaya, Jurnal Oseonologi dan Lirnnologi, Hal.245-256.USA, Hal. 352-359.
- Daniyati, R., Yudoyono, G., Rubiyanto, A., 2012, Desain Closed Photobioreaktor Chlorella Vulgaris Sebagai Mitigasi CO<sub>2</sub>, Jurnal Sains dan Seni ITS, Vol.1, Jur.Fisika ITS, Hal 1-5.
- Hadiyanto, Samidjan, I., Kumoro, A.C., Silviana, 2012, Produksi Mikroalga Berbiomasa Tinggi dalam Bioreaktor Open Pond, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia, Yogyakarta.
- Kurnia, I., 2015, Optimasi Pertumbuhan Dan Hidrolisis Lignoselulosa Dari Mikroalga Chlorella vulgaris Untuk Meningkatkan Kadar Glukosa Sebagai Bahan Baku Bioetanol, Skripsi, Unand, Padang.
- Nurhayati, A.D., Aryanti, E., Saharjo, B.H., 2010, Kandungan Emisi Gas Rumah Kaca Pada Kebakaran Hutan Rawa Gambut Di Pelalawan Riau, Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia, Vol. 15 No.2 , hal 78-82.
- Pujiono, E.A., 2013, Pertumbuhan Tetraselmis Chuii Pada Medium Air Laut DenganIntensitas Cahaya, Lama Penyinaran Dan JumlahInokulan Yang Berbeda Pada SkalaLaboratorium, Skripsi, Universitas Jember, Jember.
- Widyaningrum, N.F., Susilo, B., Hermanto, B.M., 2013, Studi Eksperimental Fotobioreaktor Photovoltaic Untuk Produksi Mikroalga (Nannochloropsis Oculata), Jurnal Bioproses Komoditas Tropis, Vol.1 No. 2, Jurusan Keteknikan Universitas Brawijaya, Hal 30-38.
- Yuliandri, F., Utama, Y.D., Buchori, L., 2013, Biofiksasi CO<sub>2</sub> Oleh mikroalga *Spirullina Sp.* Dalam Upaya Pemurnian Biogas, Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol.2 No.4, Jur. Teknik Kimia UNDIP, Hal. 125-131.