

## PENGUKURAN OKSIGEN TERLARUT DARI FOTOSINTESIS ALGA *CHLORELLA VULGARIS* DENGAN BIOCHIP-G

**Toni Albertus Sinaga, Lazuardi Umar**  
*Program Studi S1 Fisika*  
*Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,*  
*Universitas Riau Kampus Bina Widya*  
*Jl. Prof. Mughtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia*  
Email : [lazuardi@unri.ac.id](mailto:lazuardi@unri.ac.id)

### ABSTRAK

Alga dapat memproduksi oksigen terlarut (*dissolved oxygen*, DO) melalui proses fotosintesis dan menjadikannya sebagai indikator penting dalam menentukan kualitas air berdasarkan perubahan kadar DO. Penelitian ini membahas biosensor berbasis biochip-G untuk mengukur DO. Alga *chlorella vulgaris* yang ditumbuhkan dalam media tumbuh alga dideteksi dengan menggunakan pencahayaan buatan sebagai pengganti cahaya matahari pada proses fotosintesis. Perlakuan gelap terang dengan durasi gelap 1 jam dan terang 1 jam dilakukan untuk mendeteksi aktivitas fotosintesis. Pada kondisi gelap 60 menit pertama menunjukkan terjadinya penurunan kadar DO sementara pada kondisi lampu menyala selama 60 menit berikutnya terjadi kenaikan produksi oksigen dari proses fotosintesis alga. Selama proses fotosintesis, alga *chlorella vulgaris* berkembang biak sehingga penurunan tegangan yang terjadi pada durasi gelap mengalami perbedaan. Hubungan tegangan dan kadar DO yang dihasilkan dari proses kalibrasi adalah berbanding terbalik.

Kata kunci : *Algachlorella vulgaris*, fotosintesis, biosensor biochip-G, oksigen terlarut

### ABSTRACT

*Algae is an aquatic plant that can produce dissolved oxygen through photosynthesis and consuming oxygen in aerob condition. Existance of algae as producen and konsumen oxygen making it to be an indicator for water quality. Level of DO detected using biosensor biochip-G by amperometris work principle. Algae chlorella vulgaris grown in algae culture broth combinated by artificial illumination for eliminating sunlight as light energy source. Dark and bright illumination gave for different situation for an hour in dark and an hour in bright to detect algae activity by DO fluctuation. In dark situation 60 minutes at first showing decrease of DO and increase of voltage. In ON condition for 60.0167 until 120 minutes showing decrease of voltage for producing oxygen by algae photosynthesis. In OFF lamp for 120.0167 until 180 minutes showing increase of voltage for consuming oxygen by algae. For 180.0167 until 240 minutes decreasing voltage because algae producing oxygen through algae photosynthesis. As long as photosynthesis reaction, algae chlorella vulgaris doing reproduction to drop voltage in period different of dark illumination. Relation between voltage and DO level is reverse ratio.*

Keywords : *Algae, Biochip-G, Dissolved Oxygen, Voltage*

## 1. PENDAHULUAN

Pencemaran berdampak pada penurunan kualitas air dapat dicegah dengan melakukan monitoring kualitas air. Monitoring kualitas air merupakan proses pemantauan perubahan kualitas air yang disebabkan adanya kontaminasi material-material berbahaya. Salah satu parameter-parameter pencemaran air adalah kadar DO (Harvenda, 2014).

Kadar DO merupakan kandungan gas oksigen yang larut dalam cairan dan memegang peranan penting dari penentuan kualitas air karena oksigen berperan dalam proses reduksi dan oksidasi bahan organik dan anorganik (Jones, 2011). Peranan lain dari DO adalah sebagai penentu kondisi biologis dari organisme laut, yang meliputi kondisi aerobik dan anaerobik. Pada kondisi aerobik, oksigen berperan dalam mengoksidasi bahan organik dan anorganik dan menghasilkan nutrisi yang berperan dalam meningkatkan kesuburan perairan, sedangkan dalam kondisi anaerobik oksigen dapat mereduksi senyawa-senyawa kimia menjadi bentuk yang paling sederhana (Salmin, 2005). Monitoring kualitas air dengan mengukur kadar DO sangat dibutuhkan dalam bidang kesehatan, pembuatan makanan, dan pengolahan limbah industri (Ramamoorthy et al, 2003). Polusi air dapat dideteksi dengan perubahan yang sangat sedikit dari tingkah laku hewan air yang diteliti (Ory, 1996).

Riset penentuan kualitas air telah dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, yaitu metode *chromatography* dan metode elektrokimia.

Teknologi *chromatography* merupakan metode pendeteksian zat-zat yang terkandung dalam suatu perairan dengan menembakkan suatu sinar pada sampel yang kemudian mendeteksi kandungan material pada larutan sampel. Metode ini mampu menghasilkan pembacaan yang akurat, namun memiliki kelemahan yaitu dimensi alat yang besar, respon waktu yang lama, mobilitas yang rendah dan harga yang mahal (Shitanda et al, 2005).

Metode elektrokimia adalah metode deteksi dengan campuran senyawa kimia dalam sistem sel elektrolit yang dihubungkan dengan elektroda listrik anode dan katode, yang bertujuan untuk menganalisa perubahan ion-ion yang larut di dalam larutan elektrolit. Metode ini akurat dan memiliki respon waktu yang cepat, namun harganya mahal dan memerlukan ruang laboratorium yang menyebabkan mobilitas yang rendah. Metode elektrokimia yang paling umum digunakan adalah metode Clark elektroda dengan target alga yang telah ditumbuhkan pada media tumbuh alga. Tumbuhan alga dapat digunakan untuk mengukur kandungan racun di dalam air karena memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi dan memiliki pertumbuhan yang pesat (Campanella et al 2000).

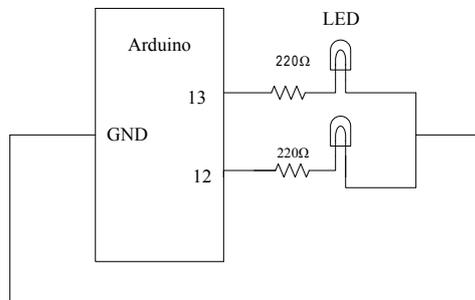
Penelitian ini menggunakan biosensor untuk mengukur perubahan lingkungan perairan berbasis *biochip-G*. Perubahan yang dideteksi yaitu nilai DO alga *Chrolorella Vulgaris* sebagai bioreseptor hasil fotosintesis. Sistem biosensor menggunakan rangkaian *artificial illumination* sebagai pemicu proses fotosintesis, modul Arduino UNO dan perangkat lunak *Integrated Development Environment* (IDE) yang dikombinasikan dengan software Visual Studio 2010 sebagai pengatur dalam menghidupkan lampu *Light Emitting Diode* (LED). Tahap awal yang dilakukan sebelum pengukuran adalah uji kalibrasi biosensor dengan menggunakan *dummy chip*, uji karakterisasi menggunakan *biochip-G*, dan uji *blank value*, kemudian uji alga *chlorella vulgaris* sebagai tahap akhir. Hasil uji perubahan kadar DO selanjutnya dikalibrasi dengan alat standar pengukur kadar DO, yaitu Lutron WA 2017SD.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Rangkaian *Artificial Illumination*

Proses fotosintesis dilakukan menggunakan cahaya buatan dari LED dimana pengamatan fotosintesis dilakukan dengan mengatur periode cahaya LED

ON-OFF. Rangkaian *artificial illumination* dibuat dengan menggunakan modul Arduino, dimana periode ON-OFF LED diatur dengan *fading code* pada software Arduino IDE (Gambar 1)



**Gambar 1.** Bagan rangkaian *artificial illumination* menggunakan Arduino

## 2.2 Pembuatan Larutan *Phosphate Buffer Saline* (PBS)

Larutan *Phosphate Buffer Saline* (PBS) yang digunakan sebagai larutan uji memiliki molaritas 2.3 M dan pH 7.3 dibuat di Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Riau. Tahap-tahap pembuatan larutan PBS adalah:

- $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  ditimbang menggunakan neraca analitik sebanyak 3.26 gram dan dilarutkan dengan 10 mL aquades.
- $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  ditimbang sebanyak 3.17 gram dan dilarutkan dengan 10 mL aquades.
- Kedua larutan kemudian dicampurkan kedalam gelas beker.
- Sebanyak 0.8 gram NaOH dilarutkan dalam 20 mL aquades.
- pH meter dikalibrasi terlebih dahulu dengan larutan yang memiliki pH 4 dan pH 7.
- Setelah proses kalibrasi, dilakukan pengukuran pH larutan campuran  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  dan  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , dan larutan campuran ditetesi larutan NaOH hingga mencapai pH 7.3

## 2.3 Pengujian Nilai *Blank Value*

Alga yang dipergunakan pada penelitian ini diperoleh dari Prima Alga dan dilakukan proses kultivasi untuk memperbanyak stok alga sebelum eksperimen. Media tumbuh alga yang

digunakan adalah paket *algae culture broth*(ACB) dari SIGMA ALDRICH dengan komposisi nutrisi seperti pada Tabel.1

**Tabel.1** Kandungan nutrisi media alga

Nama	Rumus	Kosentrasi
Amonium Klorida	$\text{NH}_4\text{Cl}$	0.05 g/L
Kalsium Klorida	$\text{CaCl}_2$	0.058 g/L
Dipotassium Fosfat	$\text{K}_2\text{HPO}_4$	0.25 g/L
Ferric Chloride	$\text{FeCl}_3$	0.003 g/L
Magnesium Sulfat	$\text{MgSO}_4$	0.513 g/L
Sodium Nitrat	$\text{NaNO}_3$	1 g/L

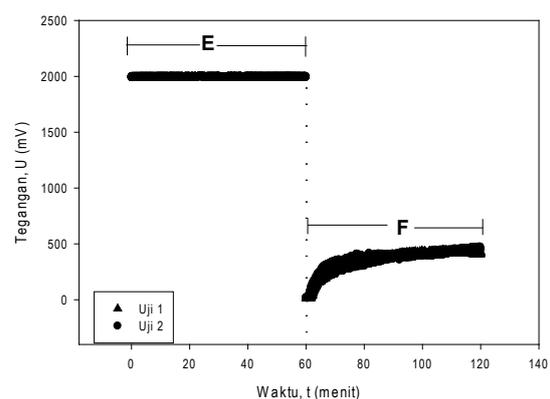
## 2.4 Pengujian Nilai *Blank Value*

Uji *blank value* dilakukan pada larutan yang menjadi media hidup alga sehingga hasil dari tahap pengujian ini akan dibandingkan dengan pengujian alga untuk mengetahui tingkat perubahan kadar DO.

## 3. HASIL PENELITIAN

### 3.1 Nilai *Blank Value* Terukur

Uji *blank value* dilaksanakan sebelum media alga diisi ke dalam tabung chip (*immobilisasi*). Pengujian dilakukan dengan tiga kali pengukuran untuk melihat konsistensi data. Grafik hasil uji *blank value* ditunjukkan oleh Gambar 2



**Gambar 2.** Hasil uji *blank value*

Tegangan yang dihasilkan pada uji *biochip-G* berada pada interval 1989 mV dan bernilai maksimum 2000 mV dengan tegangan rata-rata 1995,7 mV. Perubahan tegangan ini disebabkan oleh nilai

hambatan *biochip-G* yang menyebabkan terjadinya perubahan arus. Uji *biochip* dilakukan selama 60 menit dengan tujuan untuk melihat respon awal perangkat biosensor terhadap keberadaan *biochip-G* tanpa larutan PBS (kondisi E) dan perubahan setelah larutan PBS ditambahkan (kondisi F)

Deteksi kadar DO pada uji *blank value 1* menghasilkan nilai tegangan minimum 14 mV dan nilai maksimum 451 mV. Sedangkan uji *blank value 2* memiliki nilai tegangan minimum 14 mV dan tegangan maksimum 473 mV. Grafik dari kedua uji ini berhimpit seperti pada Gambar 2 yang menunjukkan konsistensi data hasil pengukuran *blank value*. Waktu uji *blank value 1* dan uji 2 dilakukan selama 60 menit setelah uji *biochip*.

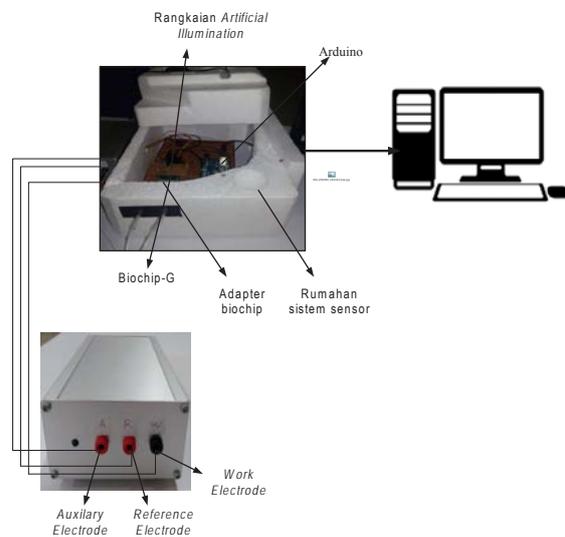
Gambar 2 juga menunjukkan respon dari elektroda *biochip* terhadap penambahan larutan media tumbuh alga dimana terjadi penurunan tegangan secara signifikan setelah dilakukan penambahan larutan media tumbuh alga, yaitu dari tegangan 1993 mV menjadi 14 mV. Penurunan tegangan ini terjadi akibat elektroda *biochip-G* mendeteksi ion-ion yang terdapat pada larutan media tumbuh alga. Kenaikan tegangan secara perlahan terjadi untuk kedua uji *blank value* yang menandakan ion-ion (nutrisi) yang terkandung dalam larutan media tumbuh alga mengalami proses elektrolisis. Proses elektrolisis ini terjadi pada elektroda *biochip* dimana energi kimia diubah menjadi energi listrik melalui proses kimia sehingga terjadi kenaikan tegangan menuju titik keseimbangan pada interval tegangan 447 mV.

### 3.3 Pengujian Dengan Alga

Alga yang digunakan pada penelitian ini adalah alga *chlorella vulgaris* dengan diameter 2  $\mu\text{m}$  sampai dengan 8  $\mu\text{m}$ . Rancang bangun sistem biosensor seperti yang diperlihatkan Gambar 3.

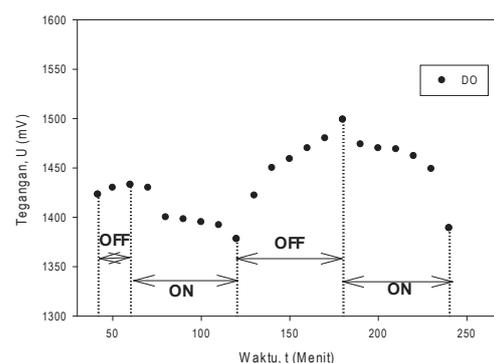
Fotosintesis alga dipicu dengan menggunakan pencahayaan buatan (*artificial light*) sebagai pengganti cahaya

matahari yang berperan sebagai sumber energi. Cahaya yang digunakan merupakan cahaya PAR dengan panjang gelombang 400 nm sampai dengan 700 nm.



**Gambar 3.** Rancang bangun sistem biosensor

Pencahayaan buatan dirangkai menggunakan komponen elektronik dengan menggunakan lampu LED, resistor 220 $\Omega$  dan dihidupkan menggunakan Arduino UNO. Periode pencahayaan gelap terang dikontrol menggunakan visual studio 2010 yang dikombinasikan dengan *coding* pada *software* arduino. Grafik hasil pengukuran diperlihatkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Perubahan DO menggunakan alga *chlorella vulgaris*

Gambar 4 memperlihatkan bahwa respon awal elektroda *biochip-G* terhadap keberadaan alga menyebabkan terjadinya kenaikan tegangan dari 1421 mV menjadi 1437 mV dalam kondisi lampu OFF (tidak

terjadi fotosintesis). Perlakuan penyalaaan lampu dimulai pada menit ke 60 dimana terjadi penurunan tegangan dari 1437 mV menjadi 1376 mV. Durasi penyalaaan lampu menyebabkan alga berfotosintesis dan menghasilkan oksigen, hal ini terlihat dari penurunan tegangan ketika lampu dihidupkan. Pada durasi penyalaaan lampu selama 10 menit, elektroda *biochip* mendeteksi tegangan pada nilai 1430 mV, pada durasi 20 menit elektroda *biochip* mendeteksi tegangan dengan nilai 1400 mV dan terus terjadi penurunan tegangan hingga menit ke 120 yaitu dengan tegangan 1.378 mV. Perubahan tegangan berupa terjadinya penurunan bertahap pada durasi penyalaaan lampu yang disebabkan oleh kadarDO yang dihasilkan alga *chlorella vulgaris* bertambah dengan lama penyalaaan lampu.

Peningkatan tegangan pada saat lampu dimatikan terjadi karena alga *chlorella vulgaris* melakukan respirasi aerob, yaitu mengkonsumsi oksigen (Shitanda et al, 2005) untuk memecah senyawa glukosa yang terkandung dalam media tumbuh alga. Menurut Turkenburg (1997 dalam Zahir, 2011) alga *chlorella vulgaris* memiliki efisiensi fotosintesis 8% dan kandungan klorofilnya mencapai 28,9 g/kg berat biomassa, sehingga selama berfotosintesis, *chlorella vulgaris* memiliki kemampuan untuk tumbuh dan berkembang biak dengan cepat (Zahir, 2011). Proses fotosintesis pada durasi lampu menyala yaitu menit ke 60 hingga menit ke 120 menyebabkan pertambahan jumlah koloni alga *chlorella vulgaris* akibat dari proses perkembangbiakan. Akibatnya, perlakuan pada menit ke 120 hingga menit ke 180 menyebabkan kenaikan tegangan yang lebih besar karena jumlah koloni *chlorella vulgaris* yang mengkonsumsi oksigen pada proses respirasi aerob semakin banyak.

Pola pengukuran dengan kenaikan dan penurunan potensial yang didapat menunjukkan hubungan berbanding terbalik antara tegangan dengan kadarDO. Kenaikan tegangan menunjukkan

penurunan kadarDO, sebaliknya penurunan tegangan menunjukkan peningkatan nilai kadar DO.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian dari pengembangan sistem biosensor untuk DO berbasis *biochip*-G dengan alga sebagai bioresseptor didapat beberapa kesimpulan, yaitu ;

1. Hasil uji karakterisasi *biochip* menunjukkan tingkat sensitivitas elektroda *biochip*-G dimana elektroda *biochip*-G mampu beradaptasi dengan ion-ion yang terkandung dalam larutan penyangga PBS dengan pH 7.3 dan molaritas 2.3 M.
2. Hasil uji *blank value* menunjukkan respon elektroda *biochip*-G terhadap keberadaan nutrisi alga pada media tumbuh alga. Peningkatan nilai tegangan pada uji *blank value* menandakan bahwa ion-ion (nutrisi) pada media tumbuh alga mengalami proses elektrolisis dengan elektroda *biochip*-G. Uji *blank value* dilakukan sebanyak 2 kali dan menghasilkan grafik yang berhimpit sehingga data yang dihasilkan konsisten.
3. Perubahan kenaikan tegangan pada periode perlakuan lampu dimatikan menit ke 41,6667 sampai menit ke 60 dengan periode lampu dimatikan pada menit ke 120,0167 sampai menit ke 180 disebabkan oleh bertambahnya jumlah koloni alga akibat perkembangbiakan pada proses fotosintesis yang terjadi pada menit ke 60,0167 hingga menit ke 120 (lampu ON).

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Campanella et al. 2000. *An Alga Biosensor for the Monitoring of Water Toxicity in Estuarine Environments*. Pergamon Wat. Res. Vol. 35, pp. 69-76.
- [2]. Harvenda, Valendry. 2014. *Pendeteksian Limbah Minyak Kelapa Sawit*

*di Dalam Air Biotope Menggunakan Biosensor Alga IMOLA-IVD*, Skripsi Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Riau, Pekanbaru.

- [3]. Jones, Bill. 2011. *Oxygen –The most Important Water Quality Parameter*. Water Column Spring 2011. Vol. 23, No.1.
- [4]. ORY, Jean-Marie. 1996. *A Biosensor for Water Quality Monitoring*. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference. June 4-6. Belgium.
- [5]. Ramamoorthy et al. 2003. *Oxygen Sensors: Material, Methods, Design and Applications*. Journal of Materials Science 38: 4271-4282.
- [6]. Salmin. 2005. *DO (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan*. Oseana. Vol. 30 :21-26.
- [7]. Shitanda et al. 2005. *Compact Amperometric Algal Biosensors for the Evaluation of Water Toxicity*. Analytica Chemica Acta 530: 191-197.
- [8]. Zahir, F.N. 2011. *Peningkatan Produksi Biomassa *Chorella Vulgaris* dengan Perlakuan Mikrofiltrasi pada Sirkulasi Aliran Medium Kultur sebagai Bahan Baku Biodiesel*. Skripsi Jurusan Teknik Kimia FT Universitas Indonesia, Depo