

## PENGARUH VARIASI SPEKTRUM CAHAYA LED TERHADAP VITALITAS ALGA *CHLORELLA KESSLERI* DAN *CHLORELLA SP* UNTUK BIOCHIP-G BIOSENSOR

Febyola Aswandi<sup>1</sup>, Lazuardi Umar<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau, Kampus Bina Widya, Pekanbaru, 28293, Indonesia

\*e-mail: lazuardi.umar@unri.ac.id

### ABSTRAK

Penurunan kualitas sumber daya perairan menjadi masalah khusus dalam beberapa tahun ini, yang ditandai dengan menurunnya jumlah oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen – DO*) sebagai indikator pencemaran air pada sistem perairan. Penelitian ini menyajikan suatu modul biosensor dengan prinsip kerja amperometris yang terintegrasi dalam suatu microchip yaitu biochip-G yang dapat mendeteksi produksi *DO* melalui proses fotosintesis mikroalga. Sel alga *Chlorella kessleri* dan *Chlorella sp* digunakan sebagai bioindikator pengenal polutan yang di stimulasi menggunakan cahaya buatan LED bulb 149  $\mu\text{molm}^2/\text{s}$  berwarna biru (480 nm) dan merah (650 nm). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan potensial yang dihasilkan kedua jenis alga saat disinari cahaya LED. Hasil menunjukkan bahwa alga *Chlorella sp* lebih sensitif dibandingkan alga *Chlorella kessleri* yang ditandai dengan potensial minimum yang dihasilkan saat *Chlorella sp* disinari LED spektrum biru dan merah berturut – turut sebesar 1599 mV dan 1478 mV, sedangkan potensial minimum *Chlorella kessleri* berturut turut yaitu sebesar 1758 mV dan 1738 mV.

Kata Kunci: Alga; Biochip-G; Biosensor; Cahaya buatan; Oksigen terlarut

### ABSTRACT

**[Title: The Effect of LED Light Spectrum On The Algae *Chlorella Kessleri* and *Chlorella SP* Vitality For Biochip-G Biosensor]** The decline in the quality of aquatic resources has become a particular problem in recent years, which is marked by a decrease in the amount of dissolved oxygen (*DO*) as an indicator of water pollution in the water system. This research presents a biosensor module with an amperometric working principle that is integrated with a microchip, namely biochip-G which can detect *DO* production through the photosynthesis process of microalgae. Algal cells *Chlorella kessleri* and *Chlorella sp* were used as pollutant recognition bioindicators which were stimulated using artificial light LED bulb 149  $\mu\text{molm}^2/\text{s}$  in blue (480 nm) and red (650 nm). This study aims to determine the potential comparison of the two types of algae when exposed to LED light. The results show that the algae *Chlorella sp* is more sensitive than *Chlorella kessleri* algae which are characterized by the minimum potential generated when *Chlorella sp* is exposed to blue and red spectrum LEDs of 1599 mV and 1478 mV, while the minimum potential of *Chlorella kessleri* is 1758 mV and 1738 mV.

Keyword: Algae; Biochip-G; Biosensor; A light; Dissolved oxygen

### PENDAHULUAN

Air merupakan bagian terpenting dalam kehidupan manusia. Penilaian akan kualitas sumber perairan menjadi perhatian khusus karena kepentingan untuk melestarikan sumber air tawar seperti danau, sungai, dan waduk air. Pencemaran sumber daya air terjadi karena aktivitas pertanian dan industri sehingga menimbulkan ancaman dan dampak jangka panjang terhadap lingkungan dan organisme perairan. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan degradasi sumber daya air yaitu keberadaan logam

berat, mikroorganisme patogen, dan kontaminan organik (Tsopela *et al.*, 2016).

Pencegahan untuk menghadapi semakin luasnya pencemaran sistem perairan perlu dilakukan dengan cara pemantauan dan monitoring berdasarkan parameter – parameter penentu kualitas air sehingga dapat dijadikan sistem peringatan dini (*Early Warning Sistem*) (Umar *et al.*, 2015). Salah satu parameter yang dapat diamati yaitu tingkat oksigen terlarut atau *dissolved oxygen (DO)*. *DO* merupakan jumlah molekul oksigen yang terdapat pada sistem perairan sebagai hasil dari proses fotosintesis organisme berklorofil,

proses difusi dari udara bebas ke dalam air dan aerasi mekanis. Kualitas suatu sistem perairan dikatakan baik apabila meningkatnya DO dan sebaliknya (Harvenda *et al.*, 2019).

Tingkat oksigen terlarut dapat dideteksi menggunakan modul biosensor yang terintegrasi dengan suatu *microchip* yaitu biochip-G yang diproduksi oleh perusahaan Cellasys GmbH dengan diameter dan volume wadah berturut – turut yaitu 6 mm dan 350  $\mu$ L (Cellasys, 2014). Biochip-G memiliki elektroda yang dapat melakukan pengukuran multi parameter, yaitu DO, suhu, derajat keasaman (pH) dan impedansi (IDES).

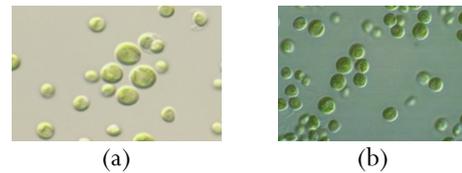
Alga *Chlorella kessleri* dan *Chlorella sp* digunakan pada penelitian ini sebagai bio indikator pengenal pencemaran pada sistem perairan karena tingkat sensitivitasnya yang tinggi dalam mengenali polutan di sekitarnya. Alga memproduksi oksigen terlarut berdasarkan proses fotosintesis yang distimulasi menggunakan cahaya buatan berwarna biru dan merah dengan panjang gelombang 400 nm hingga 450 nm dan 650 nm hingga 750 nm. Cahaya dengan spektrum berwarna biru dibutuhkan alga untuk pertumbuhan vegetatif dan spektrum berwarna merah untuk pertumbuhan generatif seperti pembungaan. Penelitian mengenai pengukuran potensial berdasarkan proses fotosintesis alga sebelumnya telah dilakukan yaitu dengan menggunakan cahaya buatan lampu TL21 watt (Thoyyibah, 2018) dan lampu LED (*Light Emitting Diode*) tipe C503B-BCS/BCN/GCS/GCN (Wati *et al.*, 2019) tetapi memiliki beberapa kelemahan. Lampu TL21 memiliki pancaran cahaya polikromatik sehingga sulit menentukan panjang gelombangnya, sedangkan lampu LED tipe C503B memiliki daya yang kecil sehingga dibutuhkan kombinasi dari beberapa LED agar proses fotosintesis dapat berjalan dengan optimal.

Penelitian ini menggunakan sumber cahaya buatan LED (*Light Emitting Diode*) bulb 149  $\mu$ molm<sup>2</sup>/s spektrum berwarna biru dengan panjang gelombang 490 nm dan spektrum berwarna merah dengan panjang gelombang 650 nm. LED digunakan karena efisiensinya yang tinggi, cahaya yang dipancarkan monokromatik, daya yang besar, usia pakai lampu yang lama dan memiliki ukuran yang kecil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui vitalitas respirasi dari kedua alga saat disinari cahaya buatan yang dinyatakan dalam bentuk tegangan keluaran dalam bentuk grafik potensial terhadap waktu.

## METODE

### 1. Alga *Chlorella kessleri* dan *Chlorella sp*

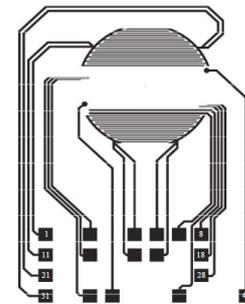
Penelitian ini menggunakan alga *C.kessleri* dan *C.sp* sebagai bioresseptor yang diperoleh dari *Sammlung von Algenkulturen Göttingen* (SAG). *C. kessleri* termasuk ke dalam famili *Chlorellaceae* berbentuk bulat dengan diameter 2  $\mu$ m sampai dengan 9  $\mu$ m, berkembang biak dalam skala laboratorium dengan rentang waktu 16 jam hingga 20 jam pada kondisi lingkungan yang optimal. Kondisi optimal alga *C.kessleri* dapat berkembang biak yaitu pada rentang suhu 25°C hingga 40°C (SAG, 2018). *C.sp* termasuk ke dalam famili *Oocystaceae* dengan ukuran sebesar 3  $\mu$ m sampai 8  $\mu$ m. Sel alga *C.sp* terdapat kandungan klorofil yang melimpah, lemak, 50% protein, serta vitamin A, B, D, E dan K. *C.sp* mampu bertahan hidup pada suhu 40°C, tetapi tumbuh dengan optimal pada kisaran suhu 25°C hingga 30°C (Aprilliyanti *et al.*, 2016).



**Gambar 1.** (a) *C.kessleri* (b)*C.sp*

### 2. Proses kultivasi dan pengukuran sel alga

Medium kultur sel alga dibuat dengan mencampurkan 1000mL akuades dengan 1.87 gram bubuk ACB (*Algae Culture Broth*) yang diaduk hingga homogen menggunakan *incubator shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama 15 menit. Setelah homogen, sel alga diimobilisasikan ke dalam medium kultur ACB, lalu dikultivasi pada ruangan tertutup yang diberikan cahaya buatan TL21W sebagai pengganti cahaya matahari dengan kondisi 12 jam ON dan 12 jam OFF. Populasi awal sel alga dihitung dengan metode *cell counting* menggunakan *hemocytometer* dengan bantuan mikroskop monocular XSP-12. Tampilan dari biochip-G diperlihatkan oleh Gambar 2.



**Gambar 2.** Tampilan Biochip-G

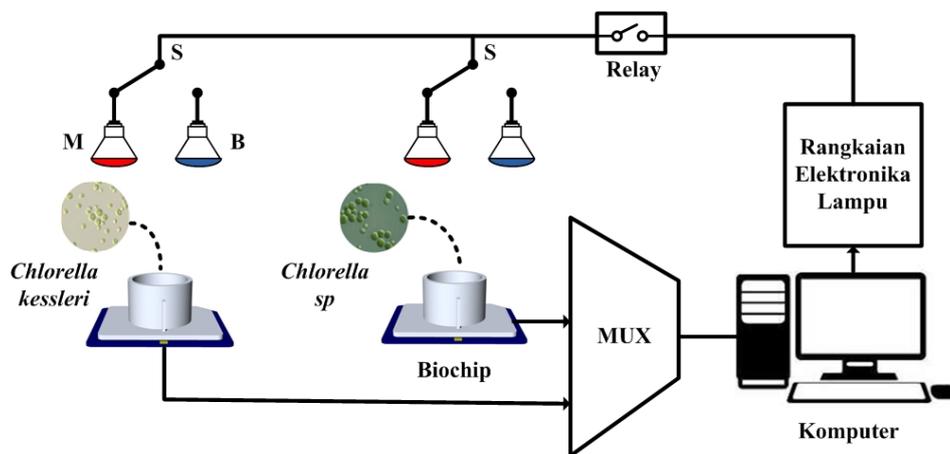
Biochip-G memiliki elektroda-elektroda dengan komponen sensor yang dapat mengukur empat parameter fisis berbeda seperti sensor amperometris (pO<sub>2</sub>) untuk mengukur tingkat oksigen terlarut, sensor potensiometris (MeOx) untuk mengukur perubahan pH, sensor impedansi (IDES) untuk mengukur impedansi dan sensor pt1000 untuk mengukur perubahan temperatur. Spesifikasi dari biochip-G dapat dilihat pada Tabel 1.

Penelitian ini menggunakan sensor amperometris sebagai pendeteksi oksigen terlarut (pO<sub>2</sub>) yang dihasilkan oleh sel alga berdasarkan proses fotosintesis. Sinyal yang dideteksi oleh sensor

**Tabel 1.** Spesifikasi biochip-G

Spesifikasi	Keterangan
Dimensi	33.8 x 24.0 x 0.5 mm <sup>3</sup>
Massa	0,05 g
Temperatur Kerja	0 °C sampai +80 °C
Material	Kaca

pada biochip-G dikontrol menggunakan modul biosensor yang terhubung dengan komputer sehingga parameter yang terukur dipresentasikan dalam bentuk grafik potensial waktu.



**Gambar 3.** Set up pengukuran pO<sub>2</sub>

Pengukuran tingkat DO dimulai dengan pengujian awal biochip yaitu pengukuran potensial saat biochip dalam keadaan kosong dan saat diberikan larutan. Pengujian blank biochip menggunakan larutan dengan menambahkan 150µL akuades ke dalam chamber biochip-G selama 1000s tanpa adanya pengaruh cahaya buatan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui data referensi saat biochip dalam keadaan kosong dan saat diberikan larutan.

Modul elektronik biosensor dinyalakan untuk mengetahui kesiapan sistem terhubung dengan biochip-G dan tegangan referensi disesuaikan dengan cellasys (Wiest, 2006). Setelah modul elektronik ready, sel alga *C.kessleri* dan *C.sp* dengan populasi  $6.86 \times 10^5$  sel/mL diambil sebanyak 150 µL menggunakan pipet eppendorf lalu diimobilisasikan ke dalam chamber biochip-G. Cahaya buatan LED dinyalakan untuk mensimulasikan keadaan siang dan malam dengan rentang waktu 1000s LED OFF dan 1000s LED ON selama proses pengukuran. Saat pengukuran dengan kondisi OFF, sel alga mengalami

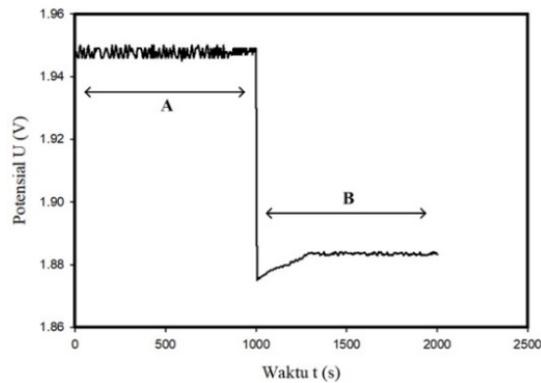
proses respirasi dimana tidak terjadi proses fotosintesis, sedangkan saat kondisi LED ON sel alga mengalami proses fotosintesis. Hasil pengukuran dipresentasikan secara *real time* dalam bentuk grafik pada perangkat lunak yang tersambung ke komputer. Model respon tegangan terhadap waktu diberikan oleh persamaan :

$$U_{prod}(t) = U_{max} e^{-t/\tau} \tag{1}$$

Kenaikan atau penurunan potensial dari membran sel alga dipengaruhi oleh semakin besarnya konstanta waktu, dimana  $\tau$  menyatakan konstanta waktu (Umar, 2020).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengukuran dimulai dengan melakukan pengujian awal pada biochip-G dalam keadaan kosong tanpa adanya larutan dan pengaruh cahaya buatan, serta pengujian biochip saat diberikan larutan dan tanpa pengaruh cahaya buatan. Hasil pengukuran potensial biochip ditunjukkan oleh Gambar 4 berikut.



**Gambar 4.** Hasil pengukuran pengujian awal biochip dengan kondisi A dan B

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Awal Biochip

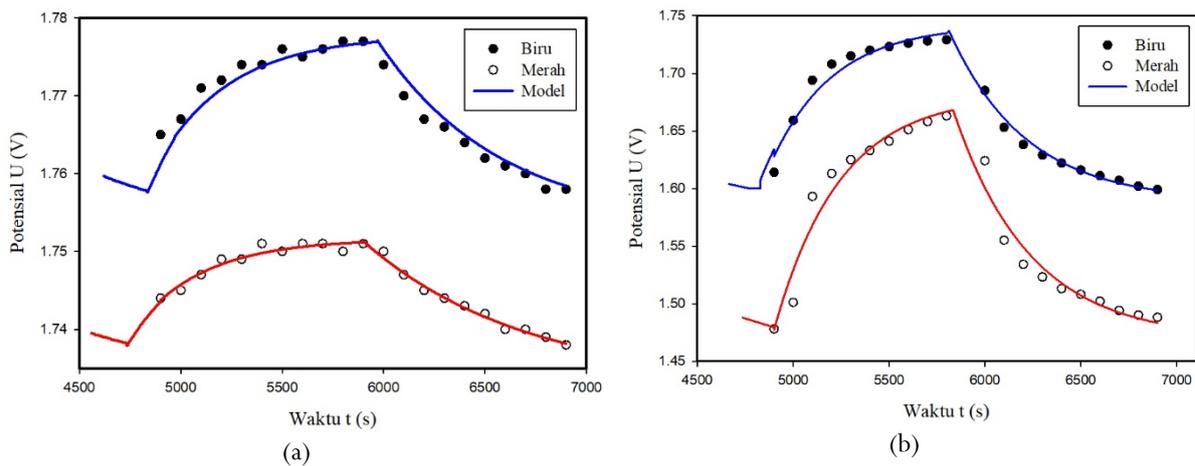
Kondisi	Potensial U (mV)	
	Min	Max
Biochip-G kosong (A)	1945	1950
Biochip-G + Akuades (B)	1875	1884

Berdasarkan Gambar 4, potensial rata – rata yang dihasilkan saat biochip pada kondisi A dalam selang waktu 0s hingga 1000s yaitu sebesar 1948 mV. Pengukuran potensial biochip-G pada kondisi B dengan selang waktu 1100s hingga 2000s menyebabkan terjadinya penurunan nilai potensial

Hasil pengukuran potensial DO sel alga *C.kessleri* dan *C.sp* saat disinari cahaya buatan LED

biochip. Tabel 2 menunjukkan persentase penurunan potensial sebesar 3.35% saat diimmobilisasikan larutan akuades. Hal ini terjadi karena sensor amperometris pada biochip-G mendeteksi keberadaan ion oksigen yang ditandai dengan adanya penurunan nilai potensial.

dengan spektrum berwarna biru dan merah ditunjukkan oleh Gambar 5 berikut.



**Gambar 5.** Grafik pengukuran potensial DO berdasarkan fotosintesis alga (a) *C.kessleri* (b)*C.sp*

Data potensial DO rata rata yang dihasilkan berdasarkan eksperimen fotosintesis alga *C.kessleri*

dan *C.sp* saat disinari spektrum berwarna biru dan merah dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Pengukuran DO dengan variasi spektrum cahaya

Jenis Alga	Respirasi (mV)		Fotosintesis (mV)	
	Biru	Merah	Biru	Merah
<i>Chlorella kessleri</i>	1773	1748	1765	1743
<i>Chlorella sp</i>	1704	1611	1635	1536

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3, persentase penurunan potensial yang dihasilkan saat kondisi respirasi sel alga *C.kessleri* menggunakan spektrum cahaya berwarna biru dan merah yaitu berturut turut lebih rendah sebesar 8.96% dan 10.20% dari potensial saat biochip dalam keadaan kosong. Penurunan potensial yang dihasilkan sel alga *C.sp* kondisi respirasi menggunakan spektrum cahaya berwarna biru dan merah berturut – turut yaitu 12.5% dan 17.3% lebih rendah dari pada potensial saat pengukuran biochip dalam keadaan kosong. Penurunan potensial ini terjadi kaena sensor amperometris pada biochip-G mendeteksi keberadaan ion pada yang menyatakan tingkat oksigen terlarut pada alga (Thoyyibah, 2018).

Tabel 3 menunjukkan saat kondisi fotosintesis, kembali terjadi penurunan nilai potensial. Saat sel alga *C.kessleri* disinari spektrum berwarna merah, sel alga menghasilkan persentase penurunan potensial sebesar 1.25% lebih rendah dari saat disinari cahaya dengan spektrum berwarna biru. Persentase penurunan potensial yang dihasilkan sel alga *C.sp* saat disinari cahaya spektrum berwarna merah yaitu sebesar 6.05% lebih rendah dari saat sel alga disinari cahaya dengan spektrum berwarna biru. Hal ini terjadi karena cahaya dengan spektrum berwarna merah lebih efektif diserap oleh kedua sel alga dalam melakukan proses fotosintesis dari pada spektrum berwarna biru, sehingga potensial yang dihasilkan lebih rendah. Cahaya dengan spektrum berwarna biru dibutuhkan tanaman untuk proses pembentukan kloroplas dan sintesa klorofil, sedangkan cahaya spektrum berwarna merah diperlukan untuk proses pertumbuhan dan mekanisme fotosintesis. Penurunan potensial terjadi karena pada saat kondisi fotosintesis sel alga menghasilkan ion oksigen yang dihasilkan berdasarkan mekanisme fotosintesis pada alga (Wati *et al.*, 2019).

Berdasarkan Tabel 3, persentase penurunan potensial saat sel alga *C.sp* disinari cahaya berwarna biru yaitu 7.36% terhadap potensial saat sel alga *C.kessleri* disinari spektrum berwarna biru, sedangkan persentase penurunan potensial saat sel alga *C.sp* disinari warna merah yaitu lebih rendah sebesar

11.80% terhadap potensial alga *C.kessleri* disinari spektrum berwarna merah. Hal ini menunjukkan bahwa sel alga *C.sp* lebih sensitif dari *C.kessleri*. Hal ini ditandai dengan lebih rendahnya potensial yang dihasilkan oleh alga *C.sp* saat dilakukan pengukuran dengan perlakuan yang sama dengan *C.kessleri*. Saat proses fotosintesis, sel alga *C.sp* lebih reaktif karena pada sel alga *C.sp* terdapat kumpulan spesies alga yang tidak teridentifikasi di dalamnya, sehingga ion oksigen yang dihasilkan lebih banyak dan potensial yang dihasilkan lebih rendah (Harvenda *et al.*, 2019).

#### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa alga *C.sp* lebih sensitif dibandingkan alga *C.kessleri* yang ditandai dengan lebih rendahnya nilai potensial yang dihasilkan alga *C.sp*. Spektrum cahaya LED *bulb* 149  $\mu\text{molm}^2/\text{s}$  berwarna merah lebih efektif diserap oleh kedua jenis alga dibandingkan spektrum berwarna biru, karena spektrum berwarna merah lebih efektif diserap oleh klorofil dalam melakukan proses fotosintesis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aprilliyanti, S., Soeprbowati, T.R. & Yulianto, B. 2016. Hubungan Kemelimpahan *Chlorella sp* Dengan Kualitas Lingkungan Perairan Pada Skala Semi Masal di BBBPBAP Jepara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 14(2): 77.
- Biochip G Data Sheets, 2014, *Cellsys GmbH*: Part No.: 08502. 1 – 7.
- Harvenda, V., Hamzah, Y., Arfianti, Linda, T.M. & Umar, L. 2019. Influence of artificial light color on cellular respiration of green algae photosynthesis activity. *AIP Conference Proceedings*, 2169(November).
- Parachlorella kessleri* Data Sheet. 2018. *Sammlung von Algenkulturen Göttingen (SAG)*. Strain Number 211-11h.
- Thoyyibah, H. 2018. Pengaruh Cahaya Buatan, Waktu Penyinaran, dan Jumlah Algae Culture Broth (ACB) Terhadap Produksi Oksigen Terlarut (pO<sub>2</sub>) dari Alga *Chlorella Kessleri* Menggunakan Biosensor Biochip – C. Skripsi

- Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Tsopela, A., Laborde, A., Salvagnac, L., Ventalon, V., Bedel-Pereira, E., Séguy, I., Temple-Boyer, P., Juneau, P., Izquierdo, R. & Launay, J. 2016. Development of a lab-on-chip electrochemical biosensor for water quality analysis based on microalgal photosynthesis. *Biosensors and Bioelectronics*, 79: 568–573.
- Umar, L., Alexander, F.A., Member, J., Wiest, J. & Member, S. 2015. Application of Algae-Biosensor for Environmental Monitoring. 7099–7102.
- Umar, L., Aswandi, F., Linda, T.M., Wati, A. & Setiadi, R.N. Sensitivity and Photoperiodism Response of Algae-Based Biosensor Using Red and Blue LED Spectrums. AIP Conference. To be published.
- Wati, A., Rusva, R. & Umar, L. 2019. Effect of LED Wavelengths and Light-Dark Cycle on Photosynthetic Production of *Chlorella Kessleri* for Algae-Based Biosensor Optimization. *Journal of Physics: Conference Series*, 1351(1).
- Wiest J, Stadthagen T, Schmidhuber M, Brischwein M, Ressler J, Raeder U, Grothe H, Melzer A and Wolf B 2006 Intelligent mobile lab for metabolics in environmental monitoring *Analytical Letter*. 39(8) 1759-1771