



**UNIVERSITAS INDONESIA**

***PROBE OPTIK UNTUK MENGUKUR KONSENTRASI  
FITOPLANKTON, Studi Kasus *Scenedesmus sp****

**TESIS**

**Gunady Haryanto  
06 06 00 46 53**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM PASCA SARJANA  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
DESEMBER 2008**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

***PROBE OPTIK UNTUK MENGUKUR KONSENTRASI  
FITOPLANKTON, Studi Kasus *Scenedesmus sp.****

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar**

**Magister Teknik**

**Gunady Haryanto**

**06 06 00 46 53**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
KEKHUSUSAN OPTOELEKTROTEKNIKA  
DAN APLIKASI LASER  
DESEMBER 2008**

## PERNYATAAN ORISINILITAS TESIS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Gunady Haryanto

NPM : 0606004653

Tanda Tangan : 



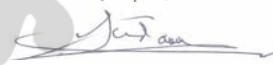
Tanggal : 23 Desember 2008

## LEMBAR PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :  
Nama : Gunady Haryanto  
NPM : 06 06 00 46 53  
Judul Tesis : **Probe Optik Untuk Mengukur Konsentrasi  
Fitoplankton, Studi Kasus *Scenedesmus Sp.***

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Megister Teknik pada Program Studi Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Ir. Retno Wigajatri Purnamaningsih, MT   
Pembimbing II : Dr. Ir. Purnomo Sidi Priambodo, MSEE   
Penguji : Dr. Dodi Suidiana, M.Eng   
Penguji : Arief Udhiarto, ST, MT (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 23 Desember 2008

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Megister Teknik Jurusan Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Retno Wigajatri Purnamaningsih, MT. dan Dr. Ir. Purnomo Sidi Priambodo, MSEE. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
2. Dra Nining Betawati Prihantini, M.Sc. yang telah banyak membantu dalam memperoleh sampel;
3. Fakultas Teknik Universitas Pancasila, yang telah membiayai saya;
4. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
5. Sahabat yang telah membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 23 Desember 2008



Gunady Haryanto  
0606004653

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gunady Haryanto  
NPM : 06 06 00 46 53  
Program Studi : Teknik Elektro  
Departemen : Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

***Probe Optik Untuk Mengukur Konsentrasi Fitoplankton,  
Studi Kasus *Scenedesmus* sp.***

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam untuk pangkalan data (*database*) merawat, dan memublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Depok

Pada tanggal: 23 Desember 2008

Yang menyatakan,



Gunady Haryanto  
0 6 0 6 0 0 4 6 5 3

## ABSTRAK

Nama : Gunady Haryanto  
Program studi : Teknik Elektro  
Judul : **Probe Optik Untuk Mengukur Konsentrasi Fitoplankton, Studi Kasus *Scenedesmus Sp***

Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan pembuatan *probe* optik untuk mengukur konsentrasi fitoplankton dalam medium cair. Perancangan probe tersebut bekerja dengan memanfaatkan fenomena fluoresensi, yang terdiri dari *Light Emitting Diode* ungu ( $\lambda = 405\text{nm}$ ,  $P = 10\text{ mW}$ , frekuensi modulasi 625 Hz), wadah ukur, filter optik, dan fotodioda. Dari pengujian terhadap kultur *Scenedesmus sp.* didapatkan bahwa untuk rentang konsentrasi  $10^2 - 10^6$  sel/ml diperoleh hubungan yang konsisten antara intensitas fluoresensi dengan kenaikan konsentrasi sel, yaitu meningkat secara linier seiring dengan peningkatan konsentrasi sel. Gradien yang diperoleh untuk rentang konsentrasi tinggi lebih rendah dari pada rentang konsentrasi rendah.

Kata kunci :  
*Probe* optik, Fluoresensi, fitoplankton, *Scenedesmus sp*, *Light Emitting Diode*

## ABSTRACT

Name : Gunady Haryanto  
Study Program : Electrical Engineering  
Title : Optical Probe for the Measurement of Phytoplankton  
Concentration, Case Study *Scenedesmus* sp.

The design of optical equipment in this research aim to measure phytoplankton concentration in liquid medium. This design, composed purple of light emitting diode ( $\lambda = 405\text{nm}$ ,  $P = 10 \text{ mW}$ , modulation frequency 625 Hz), graduated cylinder, optical filter and photodiode, works based on fluorescence phenomenon. The results of measurments shows that the fluorescence intensity has a consistent relationship with the *Scenedesmus* sp. concentration in the range of  $10^2 - 10^6$  sel/ml. The fluorescence intensity would increased if the concentration has been increased. The gradient for low range higher than high range concentration.

Key words :  
Opical Probe, Fluorescence, phytoplankton, *Scenedesmus* sp, Light Emitting Diode



## DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN ORISINILITAS TESIS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR SINGKATAN .....	xii
DAFTAR ISTILAH / SIMBOL.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Metodologi Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penelitian.....	5
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Prinsip Fluoresensi.....	6
2.2 Parameter Fluoresensi.....	8
2.3 Fluoresensi pada Fitoplankton .....	12
BAB 3 KARAKTERISTIK ABSORBSI DAN FLUORESENSI	
Scenedesmus sp.....	18
3.1 Karakteristik Absorpsi Scenedesmus sp. ....	18
3.2 Karakteristik Fluoresensi Scenedesmus sp. ....	20
BAB 4 PERANCANGAN PERANGKAT OPTIK UNTUK MENGUKUR	
KONSENTRASI FITOPLANKTON.....	24
4.1 Komponen Perangkat Pengukuran.....	24
4.1.1 Sumber Cahaya .....	24
4.1.2 Fotodiode .....	25
4.1.3 Driver LED .....	26
4.1.4 Penguat dan Pengolah Sinyal Analog .....	27
4.1.5 Wadah Ukur.....	29
4.1.6 Filter Optik.....	29
4.2 Perancangan dan Pembuatan Probe Optik .....	29
BAB 5 PENGUKURAN KONSENTRASI SCENEDESMUS sp.....	33
5.1 Perumusan Besaran Cahaya Konfigurasi Perangkat.....	33
5.2 Pengukuran Konsentrasi Scenedesmu sp.....	36
5.3 Hasil Pengukuran Konsentrasi Scenedesmus sp.....	36
BAB 6 KESIMPULAN.....	39

DAFTAR ACUAN .....	40
DAFTAR PUSTAKA .....	42
LAMPIRAN.....	46



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Proses fluoresensi dan fosforesensi [14] ..... 6
Gambar 2.2	(a) Diagram lifetime fluoresensi dan fosforesensi [14].....7 (b) Spektrum fluoresensi dengan fosforesensi [14].....7
Gambar 2.3	Diagram lifetimes proses transisi energi .....8
Gambar 2.4	Proses fluoresensi pada partikel dalam medium berdimensi $l \times a$ .....11
Gambar 2.5	Struktur molekul klorofil-a [18].....13
Gambar 2.6	Kultur .....13
Gambar 2.7	Proses fotosintesis berdasarkan skema-Z [19] .....14
Gambar 2.8	Spektrum absorpsi (garis tebal) dan emisi fluoresensi klorofil-a (garis putus-putus) pada fitoplankton [20].....15
Gambar 2.9	Perbedaan spektrum fluoresensi dari klorofil-a, klorofil-b dan karotenoid pada fitoplankton [21] .....16
Gambar 2.10	Spektrum harga $\Phi F$ (titik-titik c) pada <i>Scenedesmus</i> sp. akibat eksitasi dengan sumber halogen, di mana titik-titik a dan b adalah harga normalisasi absorbansi [22].....17
Gambar 3.1	Bagan pengukuran spektrum absorbansi pada <i>Scenedesmus</i> sp. .18
Gambar 3.2	Spektrum absorbansi <i>Scenedesmus</i> sp.....19
Gambar 3.3	Bagan pengukuran karakteristik fluoresensi <i>Scenedesmus</i> sp. .20
Gambar 3.4	Spektrum fluoresensi kultur <i>Scenedesmus</i> sp. dalam medium bold basal (blanko) .....21
Gambar 3.5	Spektrum fluoresensi a. kultur <i>Scenedesmus</i> sp murni.....22 b. kultur <i>Scenedesmus</i> sp. Konsentrasi $5 \times 10^5$ yang terlarut air situ.....22
Gambar 4.1	Blok diagram probe pengukur konsentrasi fitoplankton.....24
Gambar 4.2	a. Bentuk fisik LED LED405E Thorlabs .....25 b. Arah distribusi intensitas LED405E Thorlabs .....25
Gambar 4.3	Fotodiode FDS100 .....26
Gambar 4.4	Rangkaian Driver LED .....27
Gambar 4.5	Rangkaian Penerima Fotodiode .....28
Gambar 4.6	Spektrum dari filter optik yang digunakan.....29
Gambar 4.7	Probe optik .....30
Gambar 4.8	Set up eksperimen .....31
Gambar 5.1	Diagram lintasan optik sinar eksitasi LED.....33
Gambar 5.2	Pengaruh konsentrasi <i>Scenedesmus</i> sp terhadap Intensitas fluoresensi. a. konsentrasi 0 - $10^4$ sel/ml.....37 b. konsentrasi $5 \times 10^4$ - $10^6$ sel/ml .....37

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Foto Set up ekperimen.....	46
Lampiran 2. Foto Intensitas Fluoresensi.....	47
Lampiran 3. Data sheet.....	48



## DAFTAR SINGKATAN



sp.	<i>Species</i>
Si	<i>Silicon</i>
spp.	<i>sub species</i>
a.u	<i>arbitrary unit</i>
LED	<i>light emitting diode</i>
LD	Laser dioda
l	Liter
PD	<i>Photodiode</i>
nm	nanometer
nF	nanoFarad
mm	milimeter
ml	mililiter
mA	miliAmpere
mW	miliWatt
mV	mVolt
mJ	miliJoule
mol	Molekul
s	second
ns	nanosecond
ms	milisecond
ps	picosecond
μs	microsecond
<i>FWHM</i>	<i>Full Width at Half Maximum</i>
<i>IC</i>	<i>Integrated Circuit</i>
<i>Op-Amp</i>	<i>Operational Amplifier</i>
<i>TTL</i>	<i>Transistor-transistor logic</i>
<i>Tr</i>	Transistor
<i>UV-Vis</i>	<i>Ultra Violet - Visible</i>
KHz	Kilohertz
kOhm	KiloOhm
MOhm	MegaOhm
Hz	Hertz
<i>h</i>	Konstanta Planck
$v_A$	Frekuensi cahaya eksitasi
$v_f$	Frekuensi cahaya fluoresensi
$v_P$	Frekuensi cahaya fosforesensi
X	Kali
<i>PSU-I</i>	<i>Photosynthetic Unit I</i>
<i>PSU-II</i>	<i>Photosynthetic Unit II</i>

*PAR*  
*NPN*  
*CW*  
dll  
 $R^2$

*Photosynthetically Active Region*  
Negatif Positif Negatif  
*Continous wave*  
dan lain lain  
Standard deviasi



## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
$W$	Energi per detik	Watt
$S_0$	Tingkat energi dasar	-----
$S_1$	Tingkat energi eksitasi pertama	-----
$S_2$	Tingkat energi eksitasi kedua	-----
$T_1$	Tingkat triplet pertama	-----
$S_1 \rightarrow S_0$	Transisi dari $S_1$ ke $S_0$	-----
$S_2 \rightarrow S_1$	Transisi dari $S_2$ ke $S_1$	-----
$T_1 \rightarrow S_0$	Transisi dari $T_1$ ke $S_0$	-----
$S_2 \rightarrow S_1$	Transisi dari $S_2$ ke $S_1$	-----
$T_1 \rightarrow S_0$	Transisi dari $T_1$ ke $S_0$	-----
$^T k_r$	Konstanta kecepatan radiatif $T_1 \rightarrow S_0$	-----
$\tau$	Waktu hidup ( <i>lifetimes</i> )	s
$\tau_s$	Waktu hidup ( <i>lifetimes</i> ) di $S_1$	s
$\tau_r$	Waktu hidup ( <i>lifetimes</i> ) radiasi	s
$^S k_r$	Konstanta kecepatan radiatif $S_1 \rightarrow S_0$	-----
$^S k_{nr}$	Konstanta kecepatan non radiatif $S_1 \rightarrow S_0$	-----
$A$	Konsentrasi molekul	mol/L
$A^*$	Konsentrasi molekul yang tereksitasi	mol/L
$^I A^*$	Konsentrasi molekul yang tereksitasi di $S_1$	mol/L
$i_F(t)$	Respon intensitas fluoresensi sebagai fungsi waktu	<i>a.u</i>
$i_F$	Respon intensitas fluoresensi sesaat	<i>a.u</i>
$i_{fd}$	Arus fotodioda	nA
$k_a$	Konstanta absorpsi	-----
$\alpha$	Tingkat absorpsi	<i>a.u</i>
$N_0$	Jumlah foton mol	foton mol/s.l
$\delta(t)$	Durasi 1 buah pulsa cahaya eksitasi	s
$\lambda$	Panjang Gelombang	nm
$\lambda_E$	Panjang gelombang cahaya eksitasi	nm
$\lambda_F$	Panjang gelombang cahaya fluoresensi	nm
$F_\lambda(\lambda)$	Intensitas fluoresensi total kondisi tunak sebagai fungsi panjang gelombang (spektrum)	<i>a.u</i>
$I_F(\lambda_F)$	Intensitas fluoresensi sebagai fungsi $\lambda_F$	<i>a.u</i>
$I_A(\lambda_E)$	Intensitas absorpsi sebagai fungsi $\lambda_E$	<i>a.u</i>
$I_T(\lambda_E)$	Intensitas cahaya eksitasi yang ditransmisikan	<i>a.u</i>
$I_0(\lambda_E)$	Intensitas cahaya eksitasi yang datang pada medium	<i>a.u</i>
$\alpha$	Faktor atenuasi dari air	<i>a.u</i>
$I$	intensitas sinar LED yang datang	<i>a.u</i>

$I_0$	intensitas sinar LED yang diteruskan oleh lensa.	<i>a.u</i>
$I_A$	intensitas sinar LED yang diserap oleh kultur fitoplankton	<i>a.u</i>
$I_T$	intensitas sinar LED yang diteruskan oleh kultur (tidak terserap oleh kultur fitoplankton)	<i>a.u</i>
$I_F$	intensitas cahaya fluoresensi yang ditransmisikan kaca menuju filter untuk diteruskan menuju detektor	<i>a.u</i>
$\epsilon(\lambda_E)$	Absorbansi cahaya eksitasi	<i>a.u</i>
$l$	Panjang lintasan optik	mm
$l$	Volume larutan	l
$V_{out}$	Output tegangan	mV
$I_{dark}$	Arus <i>dark current</i>	mA
$V_{dark}$	Tegangan <i>dark current</i>	mV
$N$	Konsentrasi kultur	sel/ml
$k$	konstanta fluoresensi	-----
$K$	Konstanta kesebandingan fluoresensi	-----
$a$	Luasan berkas sinar LED	mm <sup>2</sup>
$\Phi_f$	Efisiensi kuantum fluoresensi	-----
$I_F$	Intensitas fluoresensi kondisi tunak	<i>a.u</i>
$I_{th}$	Arus ambang ( <i>threshold current</i> )	mA
$R$	Resistor	Ohm
$VR$	<i>Variable Resistor</i>	Ohm
$C_p$	Kapasitor	Farad
$Tr$	Transistor	-----
$V_{cc}$	Tegangan catu kolektor	V
$V_{bias}$	Tegangan bias	V
$NEP$	<i>Nomine Eficiency of Photocurrent</i>	W/(Hz) <sup>-2</sup>