

**Pengukuran Konsentrasi Fitoplankton Dengan Metoda
Fluoresensi, Studi Kasus: *Chlorella* sp.**

TESIS

Oleh:

Ucuk Darusalam
NPM.0606004672



**TESIS INI DIAJUKAN UNTUK
MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI MAGISTER TEKNIK**

T
24402

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA BIDANG ILMU TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS INDONESIA**

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul:

**Pengukuran Konsentrasi Fitoplankton Dengan Metoda Fluoresensi,
Studi Kasus: *Chlorella* sp.**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Departemen Teknik Elektro Program Pascasarjana Bidang Ilmu Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tesis yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 25 Juni 2008



Ucu Darusalam
NPM. 0606004672

PENGESAHAN

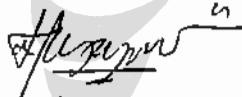
Tesis dengan judul :

**Pengukuran Konsentrasi Fitoplankton Dengan Metoda Fluoresensi,
Studi Kasus: *Chlorella* sp.**

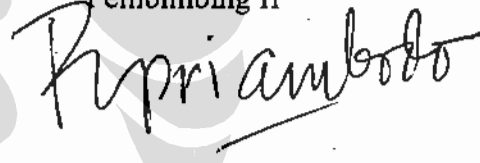
dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Departemen Teknik Elektro Program Pascasarjana Bidang Ilmu Teknik Universitas Indonesia. Tesis ini telah diujikan pada sidang ujian tesis pada tanggal 25 Juni 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai tesis pada Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 25 Juni 2008

Pembimbing I Dosen Pembimbing Pembimbing II



Dr. Ir. Retno Wigajatri P, MT
NIP.131679358



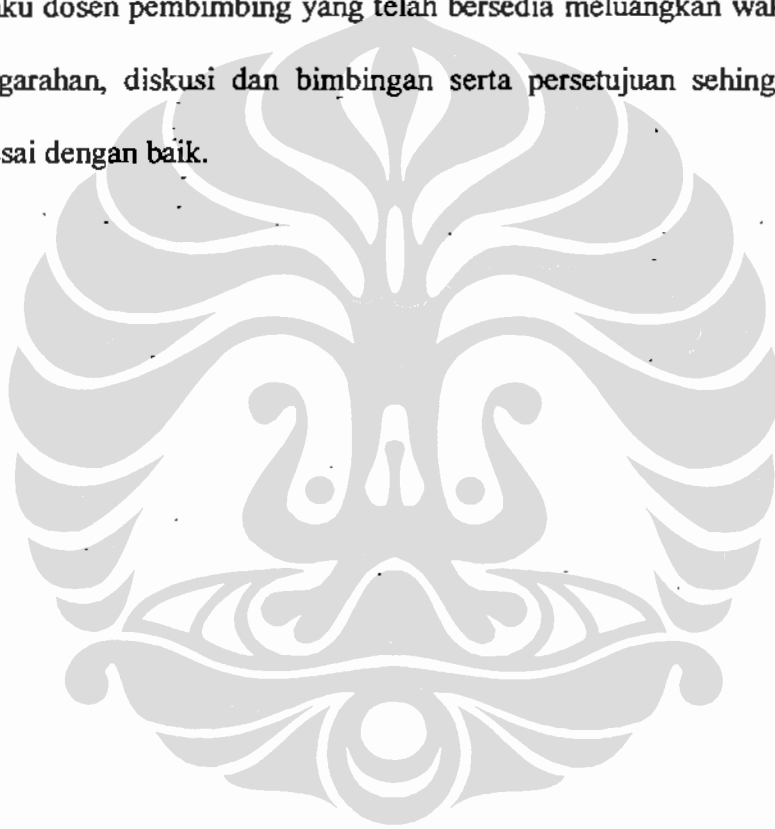
Dr. Ir. Purnomo Sidi P, MSEE
NIP.0407050192

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr. Ir. Retno Wigajatri Purnamaningsih, MT
dan
Dr. Ir.Purnomo Sidi Priambodo,MSEE

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga tesis ini dapat selesai dengan baik.



DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR SINGKATAN	xi
DAFTAR ISTILAH / SIMBOL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Metodologi Penelitian	5
1.6 Sistematika Penelitian	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Prinsip Fluoresensi	7
2.2 Parameter Fluoresensi	9
2.3 Fluoresensi pada Fitoplankton	15
BAB III KARAKTERISTIK ABSORPSI DAN FLUORESENSI	
<i>Chlorella</i> sp.	20
3.1 Karakteristik Absorpsi <i>Chlorella</i> sp.	20
3.2 Karakteristik Fluoresensi <i>Chlorella</i> sp.	22
BAB IV PERANCANGAN DAN PENYUSUNAN KONFIGURASI	
PERANGKAT OPTIK	26
4.1.1 Sumber Cahaya	26
4.1.2 Detektor	27
4.1.3 Rangkaian <i>Driver</i> Laser	27
4.1.4 Rangkaian Penguat Sinyal Analog	28
4.1.5 Wadah Ukur	29
4.1.6 Filter <i>Bandpass</i> Optik	30
4.2 Susunan Konfigurasi Perangkat Optik	30
4.3 Parameter Besaran Cahaya Konfigurasi Perangkat	33
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN	38
5.1 Hasil Pengukuran Intensitas	
Fluoresensi	38
5.2 Analisis Hasil Pengukuran	44
BAB VI KESIMPULAN	48
DAFTAR ACUAN	49
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	56

DAFTAR GAMBAR

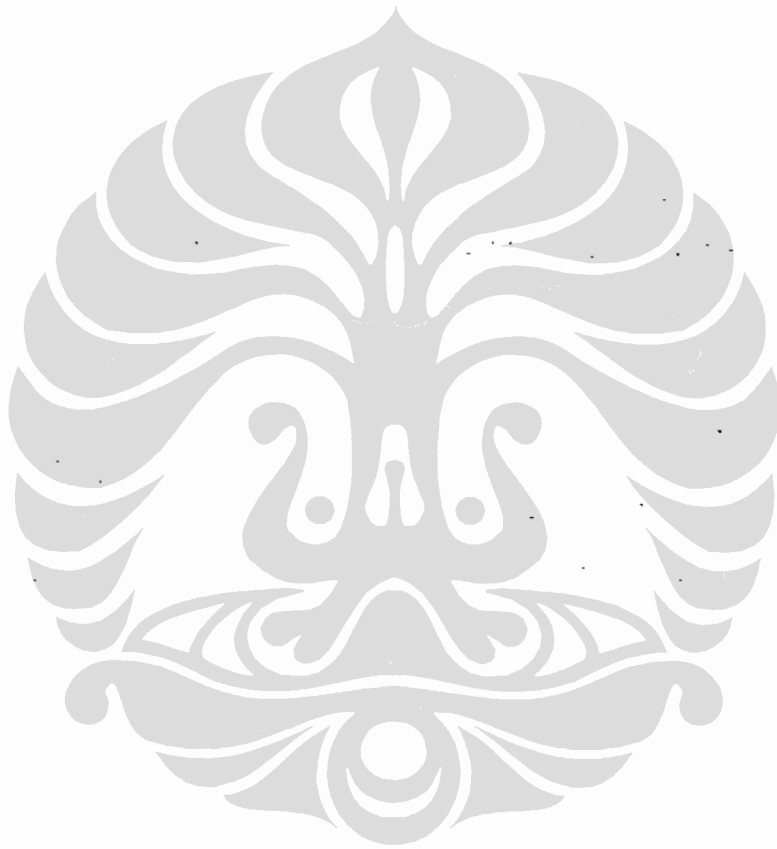
		Halaman
Gambar 2.1	Proses fluoresensi pada diagram Jablonski [31].	7
Gambar 2.2	Kemungkinan transisi de-eksitasi pada molekul [32].	8
Gambar 2.3	(a) Diagram <i>lifetime</i> fluoresensi dan fosforesensi [32]. (b) Spektrum fluoresensi dengan fosforesensi [32].	8
Gambar 2.4	Parameter yang berpengaruh pada fluoresensi molekul [31].	9
Gambar 2.5	Diagram <i>lifetimes</i> , proses transisi energi.	10
Gambar 2.6	Proses fluoresensi pada partikel dalam medium yang berdimensi <i>1xa</i> .	12
Gambar 2.7	Struktur klorofil-a [36].	16
Gambar 2.8	Warna hijau kebiru-biruan pada koloni <i>Chlorella</i> sp.	16
Gambar 2.9	Proses fotosintesis berdasarkan Skema-Z [37].	16
Gambar 2.10	Spektrum absorpsi (garis tebal) dan emisi fluoresensi klorofil-a (garis putus-putus) pada fitoplankton (<i>Chlamydomonas</i> sp.) [39].	17
Gambar 2.11	Emisi fluoresensi klorofil-a (garis putus-putus) pada <i>Chlorella</i> sp. galur asing yang dieksitasi oleh laser 355nm [39].	18
Gambar 2.12	Perbedaan spektrum fluoresensi dari klorofil-a, klorofil-b dan karotenoid pada fitoplankton [40]	18
Gambar 2.13	Spektrum harga Φ_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 [41].	19
Gambar 3.1	Spektrum absorbansi <i>Chlorella</i> sp.	21
Gambar 3.2	Spektrum fluoresensi <i>Chlorella</i> sp.	22
Gambar 3.3	Hubungan linier intensitas fluoresensi <i>Chlorella</i> sp. untuk semua variasi konsentrasi.	23
Gambar 3.4	Spektrum fluoresensi. a. air alam (Agathis UI Depok) murni tanpa campuran dengan kultur <i>Chlorella</i> sp. b. Campuran air alam dan kultur <i>Chlorella</i> sp. konsentrasi 5×10^5 .	24
Gambar 4.1	Laser dioda violet <i>Ocean Optics</i> tipe PMMF-208G-VT.	26
Gambar 4.2	Konfigurasi fotodiode sebagai fotodetektor. a. Moda fotovoltaik b. Moda fotokonduktif. [44]	28
Gambar 4.3	Respon transmitansi spektrum filter optik	30
Gambar 4.4	Konfigurasi perangkat untuk membangkitkan dan mendeteksi intensitas fluoresensi <i>Chlorella</i> sp.	31
Gambar 4.5	Diagram lintasan optik sinar eksitasi laser pada konfigurasi perangkat.	34
Gambar 5.1	Intensitas fluoresensi <i>Chlorella</i> sp. untuk rentang 125.10^3 – 15.10^6 sel/ml.	39
Gambar 5.2	Pengukuran intensitas fluoresensi pada <i>Chlorella</i> sp. pada	40

Gambar 5.3	kultur <i>Chlorella</i> sp. yang dicampur dengan air alami. Pengukuran intensitas fluoresensi pada <i>Chlorella</i> sp. untuk rentang konsentrasi $11,75 \cdot 10^3 - 1,25 \cdot 10^6$ sel/ml.	41
Gambar 5.4	Pengukuran intensitas fluoresensi pada <i>Chlorella</i> sp. untuk rentang konsentrasi $0 - 1,0 \cdot 10^6$ sel/ml, dengan pendeteksian oleh <i>pre-amplifier</i> pada V_{bias} ambang 5V. Kultur murni b. Campuran dengan air alam (Situ Villa Gading Bekasi).	42
Gambar 5.5	Pengukuran intensitas fluoresensi pada <i>Chlorella</i> sp. Untuk rentang konsentrasi $15 \cdot 10^3 - 1,0 \cdot 10^6$ sel/ml dan pendeteksian oleh <i>pre-amplifier</i> pada V_{bias} ambang 5V.	42
Gambar 5.6	Pengukuran intensitas fluoresensi pada <i>Chlorella</i> sp. Untuk rentang konsentrasi $15 \cdot 10^3 - 1,0 \cdot 10^6$ sel/ml, dengan repetisi eksitasi sinar laser sebesar 900Hz.	43
Gambar 5.7	Perbedaan cahaya hamburan dengan fluoresensi.	46
Gambar 5.8	Kilasan-kilasan fluoresensi pada <i>Chlorella</i> sp. sebagai akibat dari efek turbiditas air dan gaya hidrostatis.	47



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Rangkaian <i>Driver Laser</i>	56
Lampiran 2. Rangkaian <i>Pre-amplifier</i>	57
Lampiran 3. Konfigurasi perangkat optik untuk mengukur Intensitas fluoresensi <i>Chlorella</i> sp.	57

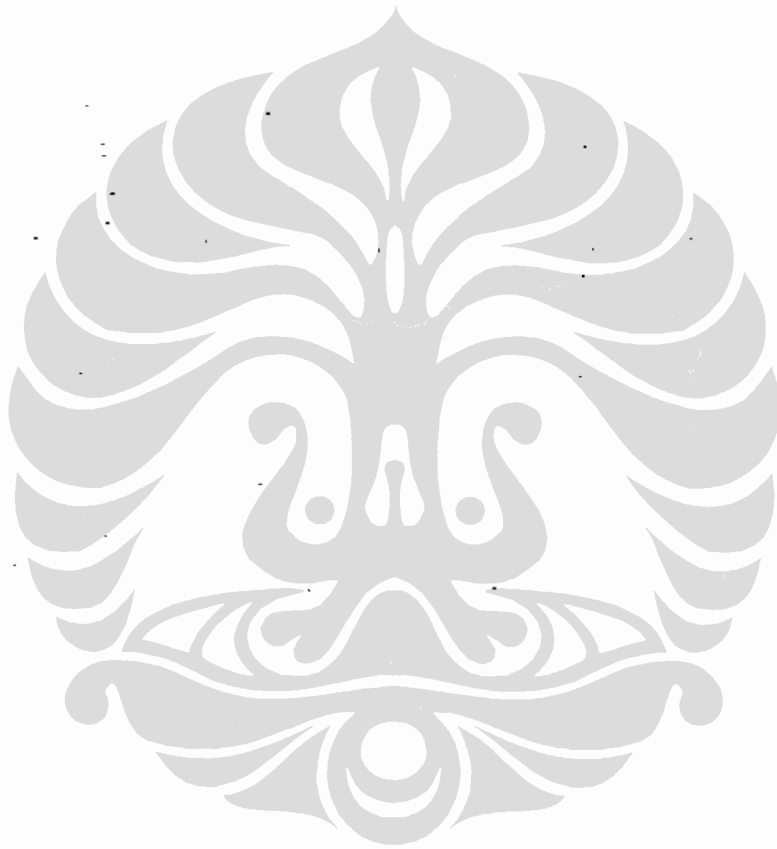


DAFTAR SINGKATAN

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

NPN
CW
dll
R²

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 $T_1 \rightarrow S_0$	-----
τ	Waktu hidup (<i>lifetimes</i>)	s
τ_s	Waktu hidup (<i>lifetimes</i>) di S_1	s
τ_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
$^1 A^*$	Konsentrasi molekul yang tereksitasi di S_1	mol/L
$i_F(t)$	Respon intensitas fluoresensi sebagai fungsi waktu	a.u
i_F	Respon intensitas fluoresensi sesaat	a.u
i_{fd}	Arus fotodiode	nA
k_a	Konstanta absorpsi	-----
α	Tingkat absorpsi	a.u
N_0	Jumlah foton mol	foton mol/s.l
$\delta(t)$	Durasi 1 buah pulsa cahaya eksitasi	s
λ	Panjang Gelombang	nm
λ_E	Panjang gelombang cahaya eksitasi	nm
λ_F	Panjang gelombang cahaya fluoresensi	nm
$F_\lambda(\lambda)$	Intensitas fluoresensi total kondisi tunak sebagai fungsi panjang gelombang (spektrum)	a.u
$I_F(\lambda_F)$	Intensitas fluoresensi sebagai fungsi λ_F	a.u
$I_A(\lambda_E)$	Intensitas absorpsi sebagai fungsi λ_E	a.u
$I_T(\lambda_E)$	Intensitas cahaya eksitasi yang ditransmisikan	a.u
$I_0(\lambda_E)$	Intensitas cahaya eksitasi yang datang pada medium	a.u
α	Faktor atenuasi dari air	a.u

I_{00}	Intensitas sinar <i>LD</i> yang datang pada pemisah berkas	<i>a.u</i>
I_{Ref}	Intensitas sinar berkas referensi	<i>a.u</i>
I_{01}	Intensitas sinar <i>LD</i> yang diteruskan oleh pemisah berkas	<i>a.u</i>
I_{02}	Intensitas sinar <i>LD</i> yang diteruskan oleh lensa	<i>a.u</i>
I_{03}	Intensitas sinar <i>LD</i> yang diteruskan oleh <i>cuvette</i>	<i>a.u</i>
I_{04}	Intensitas sinar <i>LD</i> yang diserap oleh kultur fitoplankton	<i>a.u</i>
T_{PB}	Faktor transmitansi dari pemisah berkas	<i>a.u</i>
T_L	Faktor transmitansi dari lensa	<i>a.u</i>
T_{CV}	Faktor transmitansi dari <i>cuvette</i>	<i>a.u</i>
T_{FO}	Faktor transmitansi dari filter <i>bandpass</i>	<i>a.u</i>
R_{PB}	Faktor reflektansi dari pemisah berkas	<i>a.u</i>
t	Waktu	s
$\epsilon(\lambda_F)$	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	-----
α	Luasan berkas sinar laser	mm ²
Φ_f	Efisiensi kuantum fluoresensi	-----
I_F	Intensitas fluoresensi kondisi tunak	<i>a.u</i>
I_{th}	Arus ambang (<i>threshol current</i>)	mA
R	Resistor	Ohm
VR	<i>Variable Resistor</i>	Ohm
Cp	Kapasitor	Farad
Tr	Transistor	-----
V_{cc}	Tegangan catu kolektor	V
V_{bias}	Tegangan bias	V
NEP	<i>Nomine Efficiency of Photocurrent</i>	W/(Hz) ⁻²