

23

IR-PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

PAMERAN

SELISAH - 1 APR 2003



LAPORAN PENELITIAN
DIK SUPLEMEN UNIVERSITAS AIRLANGGA
TAHUN ANGGARAN 2000

PENGUKURAN POPULASI FITOPLANKTON AIR LAUT DENGAN FLUOROSENSOR SERAT OPTIK

Peneliti :

- Dra. THIN SOEDARTI, CESA.**
- Drs. PUJIYANTO, M.Si.**
- Drs. M. AFFANDI, M.Si.**
- Drs. M. YASIN, M.Si.**

LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai oleh : Dana DIK Suplemen Universitas Airlangga
SK. Rektor : 4934/J03/PG/2000
Tanggal : 13 Juni 2000
Nomor Urut : 28

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS AIRLANGGA

Desember, 2000

KKC

KK

579.817.76

Pen



LAPORAN PENELITIAN
DIK SUPLEMEN UNIVERSITAS AIRLANGGA
TAHUN ANGGARAN 2000

PENGUKURAN POPULASI FITOPLANKTON AIR LAUT DENGAN FLUOROSENSOR SERAT OPTIK

Peneliti :

Dra. THIN SOEDARTI, CESA.

Drs. PUJIYANTO, M.Si.

Drs. M. AFFANDI, M.Si.

Drs. M. YASIN, M.Si.

3000171023141

LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai oleh : Dana DIK Suplemen Universitas Airlangga

SK. Rektor : 4934/J03/PG/2000

Tanggal : 13 Juni 2000

Nomor Urut : 28

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS AIRLANGGA

Desember, 2000



LEMBAGA PENELITIAN

- | | | |
|--|---------------------------------------|--|
| 1. Puslit Pembangunan Regional | 5. Puslit Pengembangan Gizi (5995720) | 9. Puslit Kependudukan dan Pembangunan (5995719) |
| 2. Puslit Obat Tradisional | 6. Puslit/Studi Wanita (5995722) | 10. Puslit/ Kesehatan Reproduksi |
| 3. Puslit Pengembangan Hukum (5923584) | 7. Puslit Olah Raga | |
| 4. Puslit Lingkungan Hidup (5995718) | 8. Puslit Bioenergi | |

Kampus C Unair, Jl. Mulyorejo Surabaya 60115 Telp. (031) 5995246, 5995248, 5995247 Fax. (031) 5995246
E-mail : lpunair@rad.net.id - http://www.geocities.com/Athens/Olympus/6223

IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN

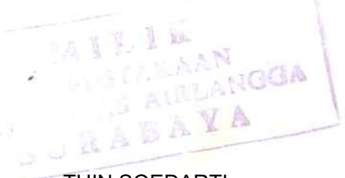
1. a. Judul Penelitian	: Pengukuran Populasi Fitoplankton Air Laut Dengan Fluorosensor Serat Optik
b. Macam Penelitian	: (V) Fundamental, () Terapan, () Pengembangan
c. Katagori Penelitian	: (V) I () II () III
2. Kepala Proyek Penelitian	
a. Nama Lengkap dan Gelar	: Dra. Thin Soedarti, CESA
b. Jenis Kelamin	: Perempuan
c. Pangkat/Golongan dan NIP	: Penata Muda Tk. I (Gol. III/b) 132 011 699
d. Jabatan Sekarang	: Staf Pengajar
e. Fakultas/Puslit/Jurusan	: FMIPA
f. Univ./Inst. /Akademi	: Universitas Airlangga
g. Bidang Ilmu Yang Diteliti	: Lingkungan-Sumber Daya Hayati
3. Jumlah Tim Peneliti	: 4 (empat) orang
4. Lokasi Penelitian	: Surabaya dan Jakarta
5. Kerjasama dengan Instansi Lain	
a. Nama Instansi	: -
b. A l a m a t	: -
6. Jangka Waktu Penelitian	: 6 (enam) bulan
7. Biaya Yang Diperlukan	: Rp 3.000.000,00
8. Seminar Hasil Penelitian	
a. Dilaksanakan Tanggal	: 20 Maret 2001
b. Hasil Penelitian	: () Baik Sekali (V) Baik () Sedang () Kurang

Surabaya, 20 Maret 2001



Mengetahui/Mengesahkan :
a.n. Rektor
Ketua Lembaga Penelitian,

Prof. Dr. H. Sarmanu, M.S. *p*
NIP. 130 701 125



RINGKASAN

PENGUKURAN POPULASI FITOPLANKTON AIR LAUT DENGAN SERAT OPTIK (Thin Soedarti, Pujiyanto, M. Affandi, M. Yasin, 2001, 28 halaman)

Fitoplankton mengandung klorofil-a, pigmen fotosintesis dominan yang menyerap energi radiasi pada spektrum cahaya tampak ungu (400-425nm) dan merah (650-690nm) (Arenz, *et al.*, 1996). Karena adanya fitoplankton ditunjukkan oleh konsentrasi klorofil-a yang merupakan pigmen fluorescan, sehingga memungkinkan untuk meneliti sifat dan populasi fitoplankton dengan menggunakan teknik-teknik optik (Smith, 1992). Sensor serat optik yang berbasis intensitas membutuhkan teknik yang sangat sederhana tetapi memiliki ketelitian yang tinggi. Keuntungan lain sensor serat optik adalah pengukurannya tanpa menyentuh obyek dengan stabilitas yang sangat tinggi (Shimamoto dan Tanaka, 1995).

Penelitian ini dilakukan untuk menjawab permasalahan: (1) apakah ada hubungan antara tegangan keluaran detektor optik dengan konsentrasi fitoplankton; (2) apakah serat optik dapat digunakan sebagai alat untuk mengukur populasi fitoplankton laut dan ; (3) berapa kemampuannya dalam mendeteksi populasi fitoplankton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya hubungan antara tegangan keluaran detektor optik dengan konsentrasi fitoplankton dan ditemukan metode estimasi populasi fitoplankton yang cepat dan mempunyai ketelitian tinggi serta efisien.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar untuk menemukan metode yang lebih cepat, mudah, efisien dan mempunyai ketelitian tinggi untuk estimasi populasi fitoplankton di masa yang akan datang untuk dipakai sebagai acuan informasi populasi ikan dan kualitas lingkungan perairan di lepas pantai Sidoarjo pada khususnya dan perairan indonesia pada umumnya yang merupakan daerah tangkapan ikan.

Penelitian dilakukan di laboratorium Optik – Jurusan Fisika dan laboratorium Mikrobiologi-Jurusan Biologi FMIPA-UNAIR. Pengambilan sampel fitoplankton di pantai Sidoarjo (desa Banjar Kemuning). Penelitian ini merupakan penelitian eksplorasi terdiri dari 7 kelompok yaitu K₁ sampel air laut tanpa fitoplankton sedang K₂ sampai K₇ sampel air laut yang mengandung fitoplankton dalam berbagai konsentrasi. Variabel

yang diamati adalah tegangan keluaran detektor optik fotovoltaeksel dalam satuan milivolt. Dan masing-masing kelompok dilakukan replikasi pengukuran 3 kali.

Analisis statistik untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antara tegangan keluaran detektor optik (milivolt) dengan konsentrasi fitoplankton (individu/cc) dilakukan uji korelasi dan regresi dengan taraf $\alpha=0,05$ (tingkat kepercayaan 95%).

Pada penelitian ini didapat data hasil pengukuran tegangan keluaran detektor optik : $K_1 140,47 \pm 0,5$ mv, $K_2 120,0 \pm 0,1$ mv, $K_3 123,5 \pm 0,4$ mv, $K_4 126,1 \pm 0,1$ mv, $K_5 131 \pm 0,2$ mv, $K_6 135 \pm 1,0$ mv, dan $K_7 139 \pm 0,5$ mv. Sedang tegangan keluaran kuvet kosong dalam keadaan kering sebesar $141 \pm 0,26$ mv. Dari hasil analisis uji korelasi besar hubungan antara variabel tegangan keluaran detektor optik dengan konsentrasi fitoplankton sangat erat karena mendekati 1 (0,997). Arah hubungan negatif karena ada tanda (-) di depan angka 0,997. Hal ini menunjukkan bahwa semakin sedikit konsentrasi fitoplankton akan membuat tegangan keluaran detektor cenderung meningkat. Karena probabilitas jauh dibawah 0,05 maka korelasi antara tegangan keluaran detektor dengan konsentrasi fitoplankton sangat nyata. Hal ini diperkuat dengan koefisien determinasi mendekati angka 1, yaitu 0,993 berarti 99,3% tegangan keluaran disebabkan oleh konsentrasi fitoplankton sedang sisanya 0,7% disebabkan hal lain. Hasil uji F didapat probabilitas 0 yang jauh lebih kecil dari 0,05 maka model regresi ini bisa dipakai untuk memprediksi tegangan keluaran dari foto detektor. Dari penelitian ini diperoleh persamaan regresi $Y = 140,258 - 0,0154 X$ dimana Y adalah tegangan keluaran dan X adalah konsentrasi fitoplankton. Koefisien regresi $- 0,0154$ menyatakan bahwa setiap pengurangan (karena tanda -) 1 individu fitoplankton akan meningkatkan tegangan keluaran sebesar 0,0154 mv.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ada hubungan yang kuat antara tegangan keluaran detektor optik dengan konsentrasi fitoplankton, serat optik dapat digunakan sebagai alat estimasi populasi fitoplankton dan serat optik dengan sumber cahaya laser (675 nm) dapat mendeteksi setiap kenaikan tegangan keluaran 0,0154 milivolt untuk setiap pengurangan 1 individu fitoplankton.

(L.P. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Airlangga: No. Kontrak 4934/JO3.2/PG/2000)

KATA PENGANTAR

Dengan rahmat Tuhan Yang Maha Esa, akhirnya penulis dapat menyelesaikan dan menyusun laporan penelitian yang berjudul : Pengukuran Populasi Fitoplankton Air Laut dengan Serat Optik

Sehubungan dengan selesainya penelitian dan tersusunnya laporan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Pimpinan Lembaga Penelitian Universitas Airlangga, Pimpinan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam – Universitas Airlangga yang telah berkenan memberi kesempatan melakukan penelitian.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih belum sempurna, oleh karena itu kritik dan saran membangun penulis harapkan demi perbaikan dan masukan yang berharga untuk penelitian lebih lanjut.

Surabaya, Maret 2001

Penulis

DAFTAR ISI

RINGKASAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Permasalahan	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tinjauan Umum Fitoplankton	4
2.1.1. Klorofil-a	4
2.1.2. Fitoplankton laut	5
2.1.2.1. Diatom	6
2.1.2.2. Dinoflagelata	7
2.2. Optik	8
2.2.1. Tinjauan umum tentang serat optik	8
2.2.2. Tinjauan umum tentang laser	10
2.2.2.1. Prinsip terjadinya laser	11
2.2.2.2. Laser diode-semikonduktor	12
2.2.3. Detektor fotodiode	14
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2. Bahan dan Alat Penelitian	17

3.2.1. Bahan	17
3.2.2. Alat penelitian	17
3.3. Cara Penelitian	18
3.3.1. Pengambilan sampel fitoplankton	18
3.3.2. Persiapan pendeteksian dengan alat estimasi fitoplankton	18
3.3.2.1. Persiapan rangkaian alat pengestimasi fitoplankton secara optik	18
3.3.2.2. Persiapan sampel yang akan dideteksi	19
3.3.3. Pendeteksian dengan alat pengestimasi fitoplankton	19
3.3.4. Penghitungan fitoplankton	20
3.4. Rancangan Penelitian	20
3.5. Analisis Data	20
 BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Penelitian	21
4.2. Pembahasan	23
 BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	26
 DAFTAR PUSTAKA	27
 LAMPIRAN	29

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Pengukuran Rerata Konsentrasi Fitoplankton (individu/cc) dan Tegangan Keluaran Detektor Optik Fotovoltaiksel (mv)	21
Tabel 2. Hasil Uji Korelasi	22
Tabel 3. ANOVA	22
Tabel 4. Koefisien-koefisien Regresi	22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Spektrum serapan dari bahan-bahan di area pesisir laut	5
Gambar 2. Struktur sebuah diatom	7
Gambar 3. Konfigurasi serat optik	8
Gambar 4. Tampang lintang dan profil indeks bias serat optik	9
Gambar 5. Mekanisme terjadinya sinar laser	11
Gambar 6. (a) diagram skematis laser injeksi hubungan p-n dan (b) profil membujur cahaya yang dipancarkan	12
Gambar 7. Ciri I –V fotodiode untuk $I_p = 0$ dan $I_p \neq 0$	15
Gambar 8. Prinsip kerja fotodiode semikonduktor	16
Gambar 9. Rangkaian alat estimasi fitoplankton secara optik	18
Gambar 10. Skema kerja rangkaian alat pengestimasi fitoplankton secara Optik bundel	19
Gambar 11. Grafik hubungan antara intensitas tegangan keluaran (mv) terhadap konsentrasi fitoplankton (individu/cc)	22

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Korelasi dan Regresi Linier dengan SPSS V 10.1.	29
Lampiran 2. Data Pengamatan Tegangan Keluaran dan Konsentrasi Fitoplankton	33

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Permasalahan

Fitoplankton merupakan salah satu dari rantai makanan utama ikan. Populasi fitoplankton sensitif terhadap faktor-faktor lingkungan seperti kandungan nutrisi, air dan turbiditas. Populasi fitoplankton dalam penelitian ini menggambarkan jumlah total semua fitoplankton yang tertangkap jaring plankton bukan jumlah individu dalam satu jenis.

Adanya fitoplankton dapat ditunjukkan dengan kenampakan klorofil-a yang merupakan indikator yang baik untuk wilayah makanan ikan dan dapat digunakan untuk memprediksi lokasi stok ikan. McStay *et al.*, (1995) menyatakan bahwa jumlah fitoplankton yang berlimpah merupakan hal yang penting bagi peneliti air tawar dan air laut untuk memperkirakan persediaan ikan di masa depan. Hal ini sangat penting untuk negara yang mempunyai wilayah perairan laut yang luas dan memanfaatkan sumber daya hayati laut seperti Indonesia.

Fitoplankton mengandung klorofil-a, pigmen fotosintesis dominan yang mempunyai serapan pada spektrum cahaya tampak biru (390-490 nm) dan merah (600-770 nm) dan daerah pantulan pada spektrum cahaya tampak hijau (490-570 nm). Puncak serapan maksimal dari klorofil-a berada pada 420 nm dan 660 nm (Forster *et al.*, 1993).

Keberadaan pigmen fluoresen (misal klorofil-a dalam fitoplankton) memungkinkan untuk meneliti sifat fitoplankton dan populasinya dengan menggunakan teknik-teknik optik (McStay *et al.*, 1995). Pada penelitian tersebut, McStay

menggunakan sumber cahaya putih (250 watt) dan dilakukan di pesisir Skotlandia. Karena itu masih perlu melakukan penelitian di wilayah laut tropis, seperti di Indonesia. Seperti diketahui bahwa kandungan jenis fitoplankton, salinitas, iklim dan aliran arus tidaklah sama. Maka dari itu perlunya mengembangkan instrumen pengukur populasi fitoplankton yang sesuai dengan wilayah perairan laut Indonesia.

Sistem fluorescen, sensornya terdiri dari 2 serat optik yang membantu untuk meminimalkan problem potensial fluorescen. Satu serat membawa cahaya eksitasi dan serat kedua sebagai pendeteksi. Cahaya eksitasi dilewatkan melalui *filter pass* yang dapat memendekkan lebar spektrum sampai 500 nm dan sebuah pemotong (*chopper*) optik.

Pengukuran populasi fitoplankton secara konvensional dengan menangkap fitoplankton, misal menggunakan jaring dengan berbagai ukuran atau dengan fluorometer.

Pengukuran fitoplankton dengan serat optik prinsipnya adalah menyinari sampel fitoplankton dengan cahaya yang diekstasi dari serat optik kemudian intensitas cahaya yang diteruskan sampel dideteksi oleh detektor optik (serat optik yang kedua). Keluaran detektor optik berupa tegangan listrik (volt). Signal tegangan tersebut mengindikasikan keberadaan fitoplankton dalam sampel. (Laud, 1988).

Sensor serat optik yang berbasis intensitas membutuhkan teknik yang sangat sederhana tetapi memiliki ketelitian yang tinggi. Keuntungan lain sensor serat optik adalah pengukurannya tanpa menyentuh obyek dengan stabilitas yang sangat tinggi (Shimamoto dan Tanaka, 1995). Hal ini memungkinkan untuk pengamatan *in situ* dan rutin.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut di atas maka peneliti merumuskan permasalahan sebagai berikut.

- a. Apakah ada hubungan antara tegangan keluaran detektor optik dengan konsentrasi fitoplankton ?
- b. Apakah serat optik dapat digunakan untuk mengukur populasi fitoplankton laut ?
- c. Berapa kemampuan serat optik dalam mendeteksi populasi fitoplankton ?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui adanya hubungan antara tegangan keluaran detektor optik dengan konsentrasi fitoplankton.
2. Mendapatkan metode estimasi populasi fitoplankton yang cepat dan mempunyai ketelitian tinggi serta efisien.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar untuk menemukan metode yang lebih cepat, mudah, efisien dan mempunyai ketelitian tinggi untuk estimasi populasi phytoplakton di masa yang akan datang. Selain itu juga data populasi fitoplankton dipakai sebagai acuan informasi populasi ikan dan kualitas lingkungan perairan di lepas pantai Sidoarjo khususnya dan perairan Indonesia pada umumnya yang merupakan daerah tangkapan ikan.

BAB II

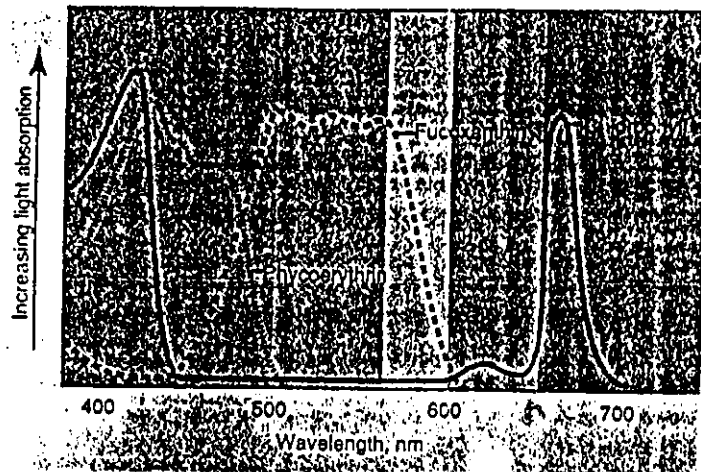
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum Fitoplankton

Fitoplankton adalah tumbuhan yang bebas melayang dan hanyut dalam air tawar maupun air laut serta mampu berfotosintesis. Fitoplankton secara teknis berdasarkan penggunaan jaring plankton, dibedakan menjadi dua golongan, yaitu yaitu netplankton dan nanoplankton. Golongan netplankton yaitu plankton yang tertahan oleh jaring plankton ukuran mesh No. 25 (ukuran $> 50 \mu\text{m}$), sedangkan golongan nanoplankton yaitu plankton yang lolos oleh jaring plankton dengan lubang $\pm 50 \mu\text{m}$ tersebut. Netplankton di perairan laut cenderung didominasi oleh diatom dan dinoflagellata (Nybakken, 1988 ; Sachlan, 1982).

2.1.1. Klorofil-a

Kemampuan fitoplankton berfotosintesis karena mengandung klorofil-a. Klorofil-a adalah pigmen fotosintesis dominan yang mempunyai spektrum serapan pada panjang gelombang 400-425 nm (yaitu spektrum cahaya tampak ungu) dan 650-690 nm (yaitu spektrum cahaya tampak merah) dan spektrum pantulan pada cahaya tampak hijau (500-600 nm) (lihat Gambar 1). Gitelson *et al.* (1993) menyatakan bahwa spektrum serapan maksimum klorofil-a di danau Balaton – Hungaria pada panjang gelombang 685-705 nm. Sedang spektrum serapan maksimum klorofil-a di waduk Colorado umumnya sama dengan spektrum serapan pada danau tropik lainnya yaitu pada panjang gelombang 670 nm (Arenz *et al.*, 1996).



Gambar1. Spektrum serapan dari bahan-bahan di area pesisir laut (Arenz *et al.*, 1993)

Arenz *et al.* (1996) menyatakan bahwa meningkatnya jumlah klorofil-a dapat diketahui dari spektrum serapannya, yaitu : (1) berkurangnya daerah spektrum biru sampai hijau ; dan (2) meningkatnya daerah merah sampai infra merah (mendekati 700 nm).

Daerah perairan yang kaya akan fitoplankton, mempunyai daerah serapan pada spektrum yang mendekati merah sampai infra merah (Arenz *et al.*, 1996).

Klorofil-a adalah pigmen umum yang ditemukan pada tanaman dan biasa digunakan untuk ukuran standart populasi tumbuhan (McStay *et al.*, 1995).

2.1.2. Fitoplankton laut

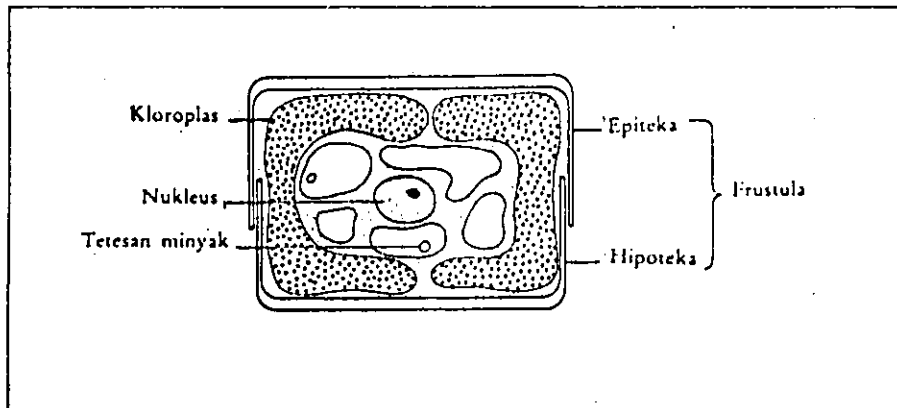
Fitoplankton yang hidup di laut mempunyai tiga ciri utama yang dapat dipandang sebagai satu bentuk adaptasi, sehingga organisme ini tetap *survive* di lingkungan laut. Tiga ciri dari fitoplankton laut yaitu : (1) ukuran tubuh kecil dan tersebar merata dalam massa air sehingga menyulitkan herbivora-herbivora besar untuk mengkonsumsinya, kecuali ia harus menyaring air dalam jumlah banyak ; (2) kemampuan memproduksi

biomassa sangat cepat, khususnya untuk mengganti kehilangan materi akibat pemakanan oleh herbivora-herbivora kecil; atau (3) pada kelompok fitoplankton tertentu diketahui menghasilkan pertahanan kimiawi sehingga bersifat nonpalatable (Sachlan, 1982).

Fitoplankton terdiri hanya dari alga yang mikroskopik (Sachlan, 1982). Menurut Boney (1988), dua jenis alga pada umumnya yang lebih dominan dalam fitoplankton adalah diatom (kelas Bacillariophyceae) dan Dinoflagellata. Dan kedua jenis fitoplankton ini adalah fitoplankton yang berukuran besar sehingga biasa tertangkap oleh jaring plankton (Nybakken, 1988).

2.1.2.1. Diatom

Diatom (kelas Bacillariophyceae) adalah anggota fitoplankton yang paling dominan di perairan laut. Mereka terdapat sebagai organisme bersel tunggal ataupun untaian sel. Diatom mudah dibedakan dari dinoflagellata karena diatom hidup dalam suatu kotak gelas yang unik dan tidak memiliki alat-alat gerak. Sel diatom sering disebut frustula, dan dicirikan oleh dinding sel yang terbuat dari silikon dioksida (SiO_2). Dinding sel tersebut terbuat dari kotak, tersusun atas dua katup dengan ukuran berbeda dan dihubungkan oleh band atau *girdle* (Gambar 2). Bagian hidup diatom terdapat dalam kotak ini (Nybakken, 1988). Katup yang lebih besar disebut epiteka dan tersusun sedemikian rupa sehingga *overlapping* dengan katup yang lebih kecil (hipoteka). Katup-katup ini sering berhiaskan pola ukiran yang rumit, dengan pori-pori besar kecil serta duri-duri yang sangat bervariasi dan khas menurut spesiesnya. Selain itu ketebalan katup bervariasi pada spesies berbeda. Sitoplasma diatom biasanya mengelilingi dinding sel dan berisi kloroplas. Terdapat vakuola sentral berisi tetes-tetes minyak (Sachlan, 1982).



Gambar 2. Struktur sebuah diatom (sumber : Nybakken, 1988)

2.1.2.2. Dinoflagellata

Kelompok utama kedua, Dinoflagellata, yang bercirikan sepasang flagela yang digunakan untuk bergerak dalam air. Dinoflagellata adalah organisme yang memiliki dua flagela. Susunan dari flagela ini merupakan karakteristik dari grup organisme ini (Nybakken, 1988).

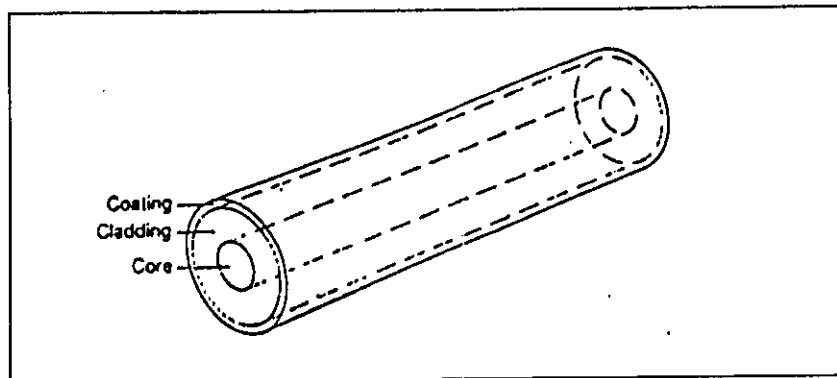
Pada umumnya Dinoflagellata berukuran kecil, hidup tunggal, dan jarang membentuk rantai. Dinoflagellata mempunyai beberapa bentuk diantara adalah bentuk menyerupai batang. Bentuk *non-thecate*, sitoplasmanya dibungkus oleh *pellicle* yang halus. Sedangkan bentuk *thecate*, sitoplasmanya dibungkus oleh dinding yang kuat dan lempeng-lempeng selulosa yang bertautan satu sama lain (disebut pula sebagai baju zirah). Pada spesies-spesies tertentu yang terutama terdapat di perairan hangat, dinding sel diperumit oleh adanya duri, sayap atau bentuk menyerupai parasut yang mungkin membantu mengapung (Sachlan, 1982 ; Nybakken, 1988).

Beberapa Dinoflagellata mengandung sejumlah kromatofora dan dapat melakukan fotosintesis. Grup ini sangat penting sebagai produser primer yang memproduksi bahan makanan (Sachlan, 1982).

2.2. Optik

2.2.1. Tinjauan umum tentang serat optik

Serat Optik terdiri dari inti (*core*) silinder yang dikelilingi oleh selubung (*cladding*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

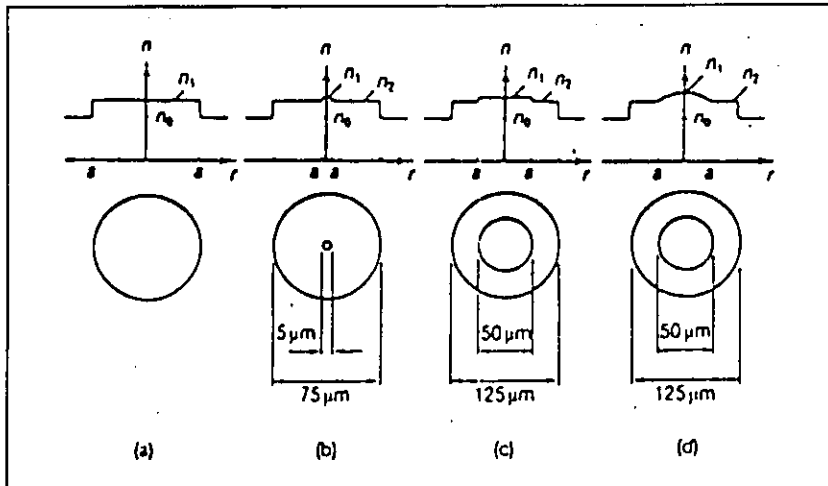


Gambar 3. Konfigurasi serat optik (W. Van Etten and Van der Plaats, 1991)

Garis transmisi serat optik adalah seragam dengan tampang lintang yang sama berbentuk lingkaran. Kerapatan optiknya merupakan fungsi jarak dari sumbu serat dalam arah simetris. Ini dikenal sebagai profil indeks bias. Adanya variasi kerapatan ini memungkinkan serat untuk memandu gelombang cahaya. Pada Gambar 4 ditunjukkan berbagai macam tampang lintang dan profil indeks bias serat optik.

Pemandu gelombang optik sederhana (Gambar 4.a) terdiri dari benang tunggal dari bahan transparan (misalnya kaca) yang homogen dengan indeks bias n_1 . Serat ini dikelilingi oleh udara dengan indeks bias n_0 . Medan elektromagnetik dari gelombang terpandu tidak ada di dalam serat tersebut dan juga tidak ada di udara sekelilingnya. Dalam aplikasi riil, maka hampir semua serat yang digunakan tersusun atas inti dan selubung (seperti Gambar 4.b, 4.c, dan 4.d). Gambar 4.b dan 4.c menunjukkan serat

indeks undak yang indeks biasanya tetap sepanjang inti. Dengan serat indeks undak, maka transmisi cahaya ragam tunggal (monomode) hanya akan terjadi jika syarat persamaan 1 terpenuhi (W. Van Etten and Van der Plaats, 1991).



Gambar 4. Tampang lintang dan profil indeks bias serat optik (W. Van Etten and Van der Plaats, 1991)

$$\lambda_0 > \frac{2\pi a}{2,405} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad \dots \text{Persamaan 1}$$

Serat ekaragam (monomode) mempunyai diameter relatif kecil (lihat Gambar 4.b). Tiap ragam mempunyai karakteristik agihan dan tetapan rambat tertentu. Sebuah serat multiragam (multimode) memiliki diameter inti yang relatif besar (lihat Gambar 4.c). Dengan inti yang besar, maka perambatan cahaya yang terjadi dapat dalam bentuk multiragam (W. Van Etten and Van der Plaats, 1991).

Dalam serat optik, intensitas medan di dalam selubung berkurang secara eksponensial dengan fungsi jarak dari sumbu serat. Jika selubung cukup tebal, medan di luar selubung dapat diabaikan dan tidak memiliki efek pada perambatan cahaya di dalam serat. Pada Gambar 4.d, ditunjukkan serat dengan indeks landai (*graded index*

fiber). Indeks biasnya dapat diberikan oleh fungsi sebagai berikut.

$$n(r) = n(0) \left[1 - \Delta \left(\frac{r}{a} \right)^x \right]^{1/2}, 0 \leq r \leq a \quad \dots \text{Persamaan 2}$$

$$n(r) = n(0) [1 - 2\Delta]^{1/2}, r > a \quad \dots \text{Persamaan 3}$$

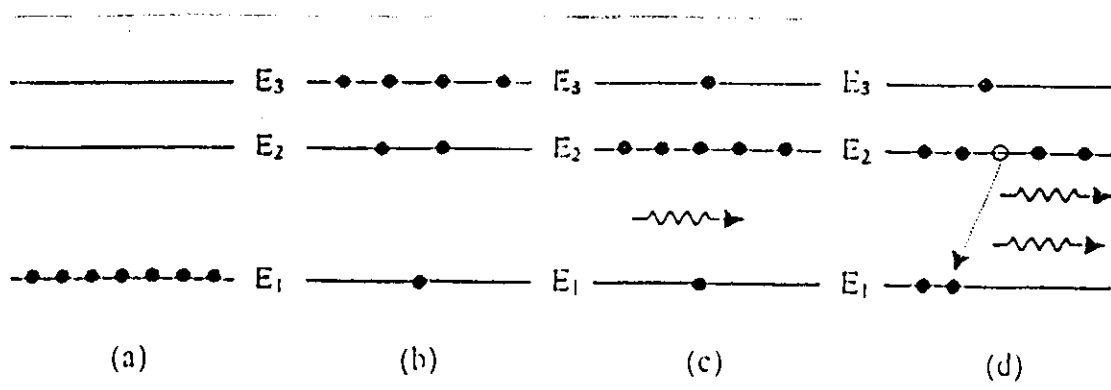
Dengan r jarak dari sumbu serat, a jejari inti, Δ adalah tetapan tak berdimensi, dan x adalah parameter yang mendefinisikan bentuk profil. Profil yang digambarkan oleh fungsi tersebut disebut dengan profil indeks hukum-pangkat. Jika $x = 2$ maka pangkat dari persamaan 2 menjadi satu dan disebut juga profil indeks bias parabola.

2.2.2. Tinjauan umum tentang laser

Salah satu piranti optis yang dapat digunakan sebagai sumber cahaya adalah laser. Laser adalah singkatan dari *Light Amplification by Stimulate Emission of Radiation* (penguatan cahaya dengan pancaran karena rangsangan radiasi). Penggunaan laser sebagai sumber cahaya memiliki keunggulan karena berkas cahaya yang dihasilkan bersifat monokromatis, koheren, sangat sejajar dan berintensitas tinggi. Laser dapat diklasifikasikan berdasarkan keadaan materi yang dipresentasikan oleh medium laser. Jenis laser gas bila medium laser berupa gas, jenis laser zat cair bila mediumnya berupa adalah zat cair, dan jenis laser zat padat bila mediumnya berupa padatan. Salah satu contoh laser yang diklasifikasikan sebagai laser gas adalah Laser He-Ne yang sumber cahayanya memiliki panjang gelombang 633 nm, sedang salah satu contoh dari laser zat cair adalah Dye Laser. Laser Diode Semikonduktor adalah salah satu contoh dari laser zat padat (Laud, 1988).

2.2.2.1. Prinsip terjadinya sinar laser

Sinar laser dapat terjadi karena transisi tingkat energi elektron dalam atom dari keadaan tereksitasi ke keadaan tidak tereksitasi. Bila keadaan tidak tereksitasi dinyatakan dengan tingkat energi E_1 dan keadaan tereksitasi dinyatakan dengan tingkat energi E_2 dan tingkat energi E_3 , maka mekanisme terjadinya laser dapat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Mekanisme terjadinya sinar laser. (a) atom-atom dalam keadaan tidak tereksitasi, (b) atom-atom dalam keadaan tereksitasi, (c) atom-atom dalam keadaan metastabil, (d) atom bertransisi karena rangsangan dari keadaan metastabil ke keadaan tak tereksitasi

Ketika atom-atom belum tereksitasi, tingkat energi E_1 terisi elektron, sedangkan tingkat energi E_2 dan E_3 kosong (Gambar 5.a). Dengan mekanisme tumbukan tertentu terjadilah eksitasi ke tingkat energi E_2 dan E_3 (Gambar 5.b). Dalam waktu yang singkat (10^{-8} detik) elektron-elektron pada tingkat energi E_3 akan turun pada tingkat energi E_2 (Gambar 5.c). Tingkat energi E_2 dikenal sebagai tingkat energi dalam keadaan metastabil. Disebut keadaan metastabil karena pada keadaan tersebut elektron dapat tinggal lebih lama, maka keadaan tersebut akan terisi elektron-elektron dalam jumlah

besar. Apabila tingkat energi metastabil terisi elektron-elektron dalam jumlah yang lebih besar dari tingkat energi tidak tereksitasi, maka keadaan ini dikenal sebagai inversi populasi.

2.2.2.2. Laser Diode-Semikonduktor

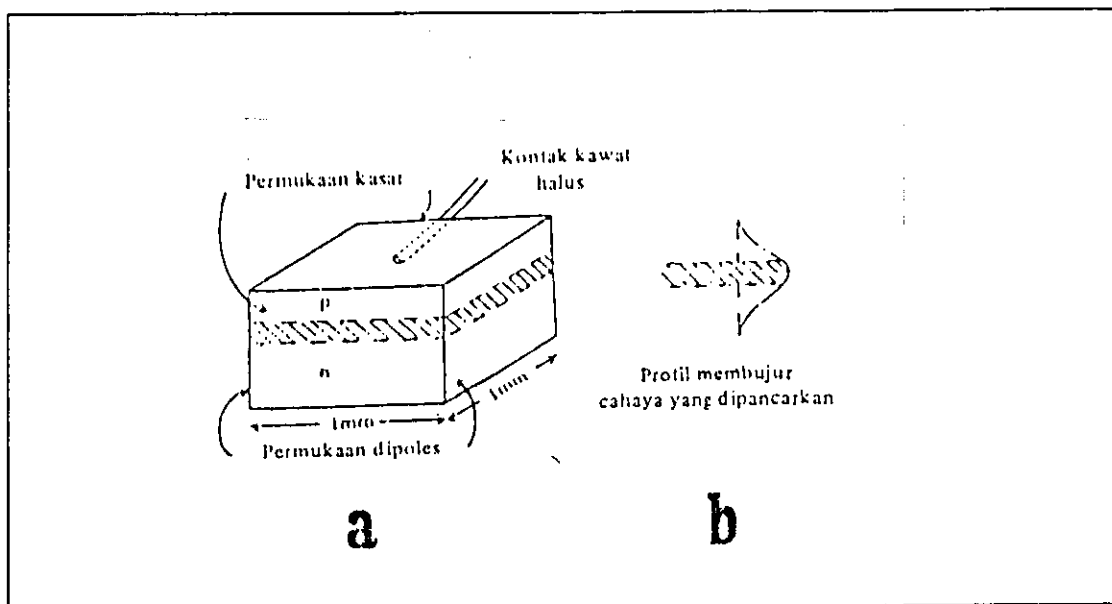
Sebutan untuk laser zat padat disesuaikan dengan jenis bahan semikonduktor yang digunakan. Bila bahan semikonduktor yang digunakan merupakan komposisi dari bahan Ga, Al dan As, maka lasernya disebut laser diode GaAl As. Laser diode GaAlAs dapat memancarkan radiasi pada panjang gelombang 630 nm sampai 900 nm. Nilai panjang gelombang pada daerah 630-900 nm bagi laser diode GaAlAs ditentukan oleh komposisi bahan Ga, Al dan As. Keluaran laser diode umumnya berorde beberapa mW (Laud,1988).

Laser dioda-semikonduktor yang dibuat oleh Hall *et al.* (1962) adalah laser dioda GaAs. Dioda-dioda yang digunakan adalah kubus-kubus dengan panjang sisi 0,4 mm dengan hubungan yang terletak dalam bidang horisontal lewat pusat. Arus melewati hubungan melalui kontak ohm yang ditempelkan ke permukaan atas dan bawah. Permukaan depan dan belakang dipoles sejajar satu sama lain dan tegak lurus ke bidang hubungan, jadi membentuk rongga optis. Dua permukaan lain dipotong kasar. Dioda tersebut dicelupkan dalam nitrogen cair dan arus diberikan dalam bentuk pulsa selama 5 sampai 20 μ s. Frinji interferensi diperoleh akibat interaksi antara berbagai bagian dari permukaan gelombang (Laud, 1988).

Pengukuran intensitas dilakukan sebagai fungsi rapat arus hubungan. Kurang dari 5000 A/cm², intensitas cahaya berubah lurus menurut rapat arus. Dekat 8500 A/cm², intensitas naik dengan cepat menurut arus. Pada 20.000 A/cm², mencapai harga

sepuluh kali harga yang diharapkan dengan ekstrapolasi arus rendah, yang menunjukkan mulainya pancaran stimulasi. Pada arus ambang inilah frinji interferensi muncul. Di bawah ambang, lebar spektral 125 Å. Mendadak lebar spektrum turun sampai 15 Å di atas ambang, yang sekali lagi merupakan karakteristik pancaran stimulasi. Pancaran terpusat pada daerah panjang-gelombang sempit, antara 8380 sampai 8392 Å (Laud, 1988).

Cara lain ditunjukkan oleh Nathan dengan menggunakan hubungan GaAs, dimana cara difusi Zn dalam GaAs dilakukan dengan disuntik Te (Laud, 1988). Laser laser ini dinamakan laser suntikan (injeksi), karena aksi laser dibangun dengan membawa muatan yang disuntikan ke dalam dioda-semikonduktor (Gambar 6).



Gambar 6. (a) diagram skematis laser injeksi hubungan p-n dan (b) profil membujur cahaya yang dipancarkan (Laud, 1988)

Dioda semikonduktor pada gambar 6 tersebut mempunyai ukuran kecil sekitar 1 mm x 1 mm. Karena tingginya laju pancaran stimulasi yang dimungkinkan dalam semikonduktor, maka panjang resonator Fabry Perot dapat dibuat sangat kecil sekitar

0,2 sampai 1 mm. Daerah aktif terdiri dari lapisan setebal $\sim 1\mu\text{m}$. Namun, cahaya yang dipancarkan jauh lebih lebar $\sim 40\mu\text{m}$ dan berkembang masuk ke daerah $-p$ dan $-n$ dan mempunyai divergensi sekitar 5 sampai 15° (Gambar 6b) (Laud, 1988).

2.2.3. Detektor Fotodiode

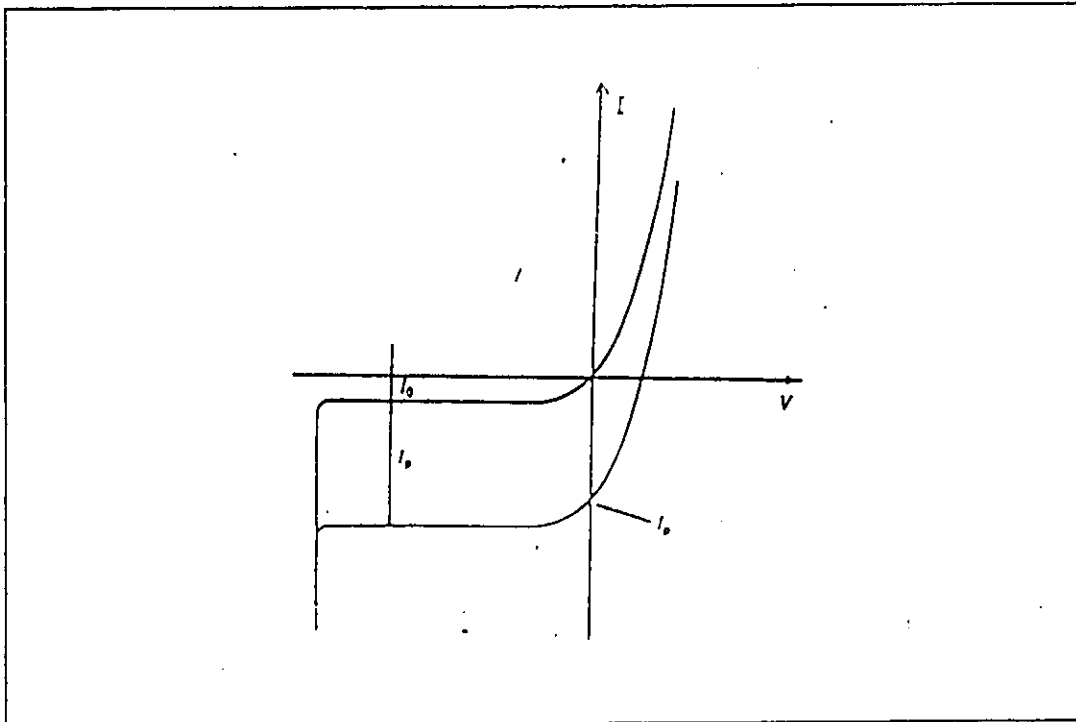
Fotodetektor adalah komponen penting dalam sistem optik. Fotodetektor merubah sinyal optik ke dalam sinyal elektrik. Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh fotodetektor adalah: kepekaan tertinggi pada daerah panjang gelombang sumber cahaya, lebar pita atau laju tanggapan cukup untuk memproses sinyal perubahan warta, derau kecil, dan kepekaan rendah terhadap perubahan suhu. Fotodetektor semikonduktor memenuhi semua persyaratan ini, karena kecil dan kompak serta cukup mudah dihubungkan ke serat optik. Salah satu dari banyak foto detektor dalah fotodiode (Laud, 1988).

Di dalam fotodiode semikonduktor, proses deteksi dasar terdiri dari pembangkitan pasangan lubang elektron oleh foton. Proses ini dimulai di sekitar sambungan p-n. Proses deteksi fotodiode terdiri dari dua ragam deteksi yaitu ragam fotovoltaiik dn fotokonduktif. Pada ragam fotovoltaiik, elektron dihimpun secara difusi ke satu sisi sambungan dan lubang ke sisi yang lain. Ragam ini berkaitan dengan diode tak terpanjar. Tiap jenis pembawa muatan dikonsentrasikan pada sisi sambungan yang berbeda. Hal ini menghasilkan tegangan pada kaki sambungan dan arus akan mengalir bila piranti ini dibebani. Pada ragam kedua, yaitu ragam fotokonduktif, lubang dipisahkan dari elektron oleh medan elektrik tinggi seperti di dalam lapisan kosong sambungan p-n terpanjar mundur.

Hubungan antara arus dan tegangan fotodiode diberikan pada Persamaan 4 (W Van Etten and Van der Plaats, 1991):

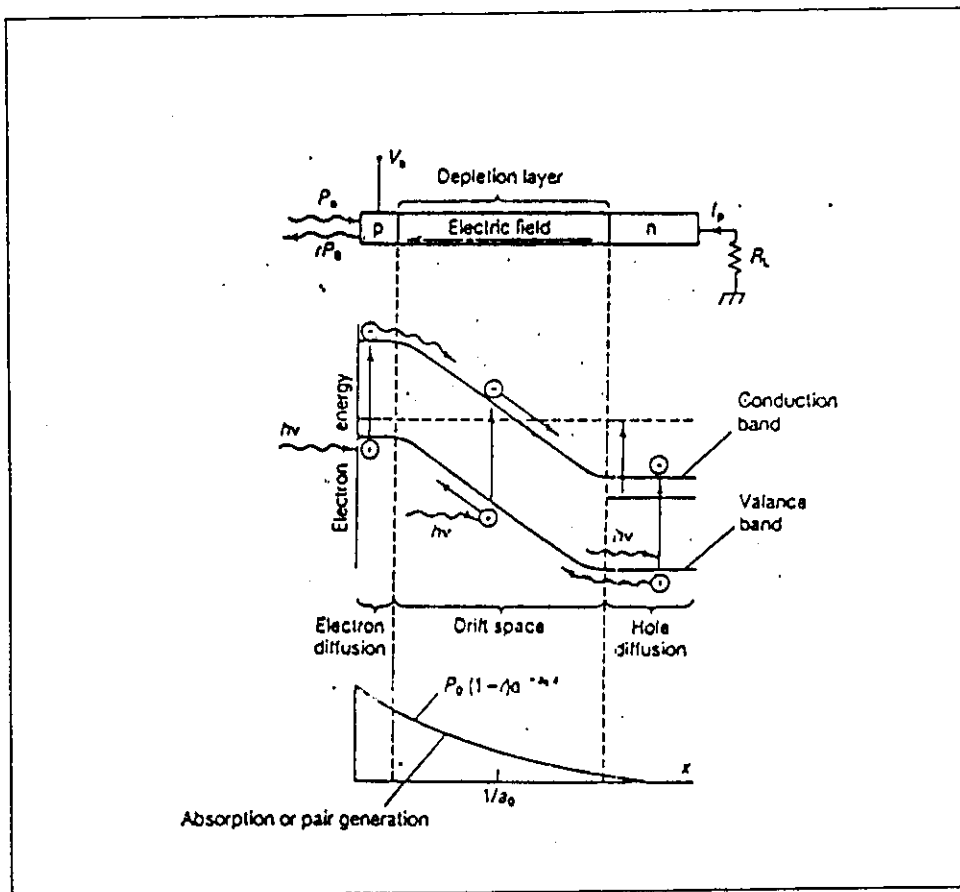
$$I = I_0 \left[\exp\left(\frac{eV}{\gamma k \theta}\right) - 1 \right] - I_p \quad \dots \text{Persamaan 4}$$

I_0 adalah arus bocor, γ adalah faktor yang menyatakan kualitas sambungan ($\gamma = 1$ untuk sambungan ideal), dan I_p adalah arus foton. Dua keadaan persamaan 4 dijelaskan pada dalam hubungan tegangan dan arus dalam Gambar 7 untuk $I_p = 0$ dan $I_p \neq 0$.



Gambar 7. Ciri $I-V$ fotodiode untuk $I_p = 0$ dan $I_p \neq 0$ (W. Van Etten and Van der Plaats, 1991)

Jika tenaga foton sama atau lebih besar dari pada sela pita tenaga semikonduktor, maka pasangan lubang elektron dapat dibangkitkan. Pada fotodiode proses ini terjadi di dalam lapisan kosong sambungan p-n, tempat cahaya yang datang diserap. Medan elektrik tinggi di daerah ini menyebabkan lubang elektron terpisah (Gambar 8).



Gambar 8. Prinsip kerja fotodiode semikonduktor (W. Van Etten and Van der Plaats, 1991)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan September 2000 sampai bulan Desember 2000 di Laboratorium Biologi – Jurusan Biologi dan di Laboratorium Optik, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Airlangga Surabaya. Sedang pengambilan sampel fitoplankton di lepas pantai Sidoarjo (desa Banjar Kemuning).

3.2. Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1. Bahan

Bahan yang digunakan adalah fitoplankton laut.

3.2.2. Alat Penelitian

Alat yang diperlukan dalam penelitian ini : (1) tabung sentrifuge (2) sentrifuge; (3) gelas beker; (4) botol sampel; (5) jaring plankton (mesh no. 25); (6) bilik hitung Melony Palmer (0,1 cc); (7) mikroskop (400x); (8) alat pencacah (counter); (9) kotak es ; (10) gelas ukur; (11) pipet; (12) aerator 6 volt dc; (13) kertas saring; (14) rangkaian alat pengestimasi fitoplankton secara optik yang terdiri dari:

(a) serat optik bundel (yang berisi dua buah serat optik) step-index multiragam tipe FD-620-10; (b) detektor optik fotodioda; (c) digital voltmeter (GDM-391); (d) Laser VLD metrologic ML 268 ($\lambda = 675 \text{ nm}$); (e) kuvet ($1 \times 1 \times 15 \text{ cm}^3$); (f) *power supply* 9 volt dc stabil; (g) statif multi klem; (h) sampel holder; (i) meja optik.

3.3. Cara Penelitian

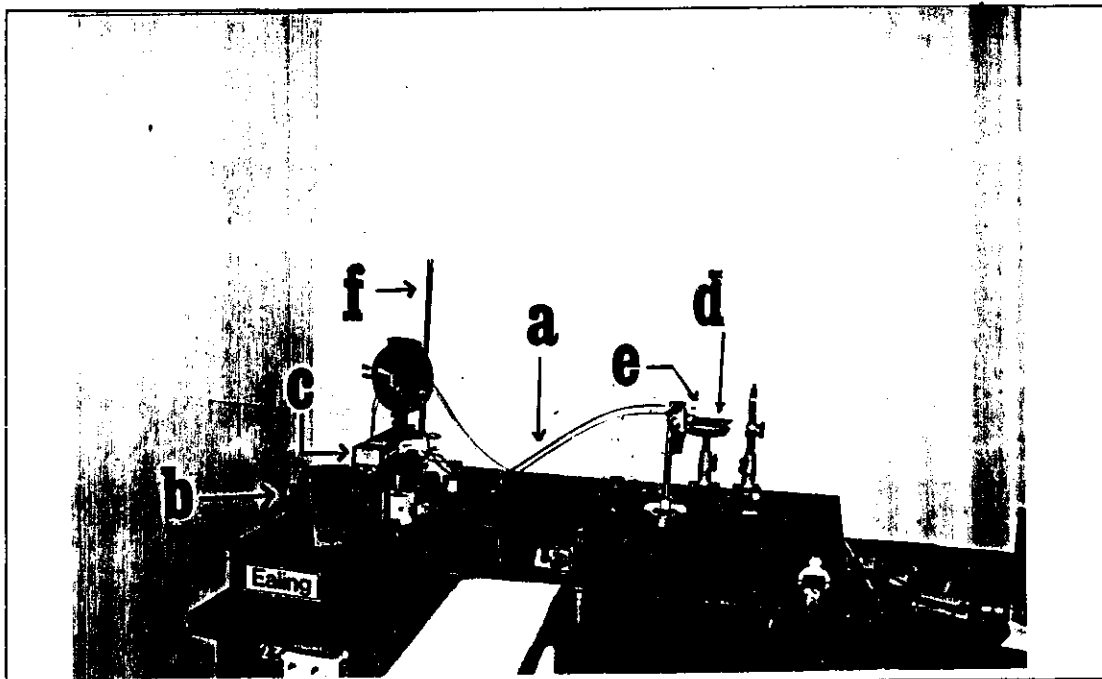
3.3.1. Pengambilan sampel fitoplankton dalam air laut

Sampel diambil di lepas pantai Siodarjo (desa Banjar Kemuning) dengan bantuan jaring plankton. Sampel disimpan dalam jirigen yang diberi aerator, kemudian disimpan dalam kotak es.

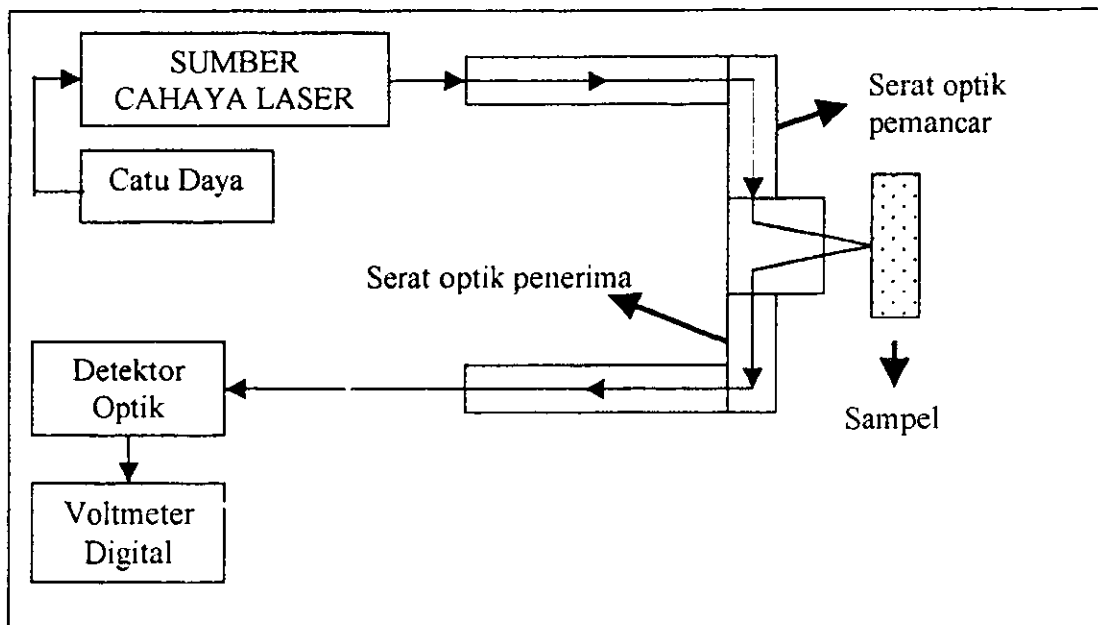
3.3.2. Persiapan pendeteksian dengan alat estimasi fitoplankton

3.3.2.1. Persiapan rangkaian alat pengestimasi fitoplankton secara optik

Alat dirangkai seperti gambar di bawah ini :



Gambar 9. Rangkaian alat estimasi fitoplankton secara optik : (a) detektor optik fotodiode; (b) digital voltmeter (GDM-391); (c) Laser VLD metrologic ML268 ($\lambda=675$ nm); (d) meja optik ; (e) kuvet ($1 \times 1 \times 15$ cm ³); (f) statif multi klem; (g) sampel holder



Gambar 10. Skema kerja rangkaian alat pengestimasi fitoplankton dengan serat optik bundel

3.3.2.2. Persiapan sampel yang akan dideteksi

Untuk mendapatkan sampel air laut tanpa fitoplankton maka sampel air laut yang mengandung fitoplankton disentrifuge (3300 rpm) selama 33 menit, kemudian diambil supernatannya dan disaring dengan kertas saring (tebal 5 mm) dan terakhir dicek dibawah mikroskop untuk memastikan tidak ada fitoplankton dalam supernatan air laut yang telah disaring.

3.3.3. Pendeteksian dengan alat pengestimasi fitoplankton

Pertama diukur dulu tegangan keluaran detektor optik pada kuvet kosong (dalam keadaan kering), setelah itu kuvet diisi dengan sampel air laut tanpa fitoplankton dan diukur berulang sebanyak 3 kali. Setelah itu dilakukan pengukuran sampel air laut yang mengandung fitoplankton dengan 5 kali pengenceran. Tiap sampel

air laut yang mengandung fitoplankton diukur tegangan keluaran detektor optiknya dengan replikasi 3 kali.

3.3.4. Penghitungan fitoplankton

Untuk mengkalibrasi berapa konsentrasi fitoplankton dalam air laut dilakukan juga metode konvensional yaitu dengan menghitung jumlah individu fitoplankton dalam bilik hitung Melony Palmer 0,1 cc dibawah mikroskop.

3.4. Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksplorasi terdiri dari tujuh (7) kelompok yaitu K₁ sampel air laut tanpa fitoplankton sedang K₂ sampai K₇ sampel air laut yang mengandung fitoplankton.

Variabel yang diamati adalah tegangan keluaran detektor optik fotovoltaksel dalam satuan mili volt (mv).

3.5. Analisis Data

Untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antara tegangan keluaran detektor optik (mV) dengan konsentrasi fitoplankton (individu/cc) dilakukan uji korelasi dan regresi dengan taraf $\alpha=0,05$ (tingkat kepercayaan 95%).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Pada penelitian ini, hasil pengukuran tegangan keluaran detektor optik fotovoltaik dari sampel berbagai konsentrasi dan kuvet kosong kering yang terbaca pada voltmeter digital (mili volt) disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Data Pengukuran Rerata Tegangan pada Air Laut dengan Fitoplankton, Air Laut Tanpa Fitoplankton, dan Kuvet

No.	Rerata Konsentrasi Fitoplankton (individu/cc)	Rerata Tegangan Keluaran Detektor Optik Fotovoltaik (mili volt)
1.	$(1,37 \pm 0,02646) 10^3$	$(1,20 \pm 0,001) 10^2$
2.	$(1,07 \pm 0,02646) 10^3$	$(1,23 \pm 0,004) 10^2$
3.	$(1,85 \pm 0,03606) 10^3$	$(1,261 \pm 0,01) 10^2$
4.	$(0,61 \pm 0,02646) 10^3$	$(1,31 \pm 0,002) 10^2$
5.	$(0,31 \pm 0,03606) 10^3$	$(1,35 \pm 0,01) 10^2$
6.	$(0,12 \pm 0,030) 10^3$	$(1,39 \pm 0,005) 10^2$
7.	0 (air laut tanpa fitoplankton)	$(1,4047 \pm 0,005) 10^2$
8.	Kuvet kosong (kering)	$(1,41 \pm 0,0026) 10^2$

Dari data hasil pengukuran tegangan keluaran detektor optik fotovoltaik sel dan konsentrasi fitoplankton dianalisis dengan uji korelasi dan regresi. Hasilnya disajikan pada Tabel 2, 3, dan 4 dibawah ini serta Gambar 11 yang menunjukkan hubungan antara tegangan keluaran (mv) dengan konsentrasi fitoplankton (individu/cc).

Tabel 2. Hasil Uji Korelasi

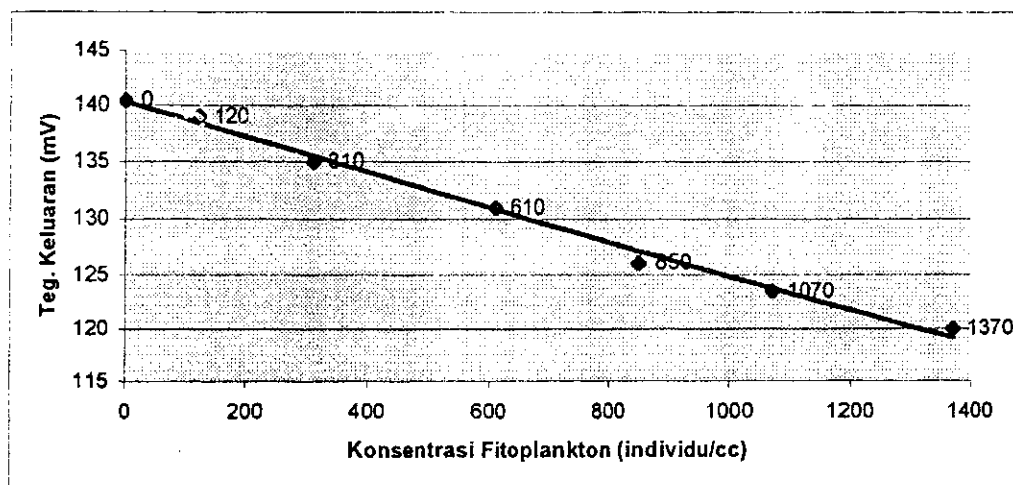
		Tegangan Keluaran Detektor Optik	Konsentrasi Fitoplankton
Korelasi Pearson	Tegangan Keluaran detektor optik	1,000	-0,997
	Konsentrasi Fitoplankton	-0,997	1,000
Sig. (1-tailed)	Tegangan keluaran detektor optik		0,000
	Konsentrasi Fitoplankton	0,000	
Koefisien Determinasi (R^2)		0,993	
Simpangan Baku dari Perkiraan (SEE)		0,7169	

Tabel 3. ANOVA

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	df	Kuadrat Tengah	F	Probabilitas
Regresi	367,839	1	367,839	715,707	0,000
Galat	2,570	5	0,514		
Total	370,409	6			

Tabel 4. Koefisien-koefisien Regresi

	Koefisien Tak Baku		Koefisien Baku
	B	Kesalahan Baku	Beta
Konstanta	140,258 -1,541E-02	0,448 0,001	-0,997



Gambar 11. Grafik Hubungan Antara Tegangan Keluaran (mV) terhadap Konsentrasi Fitoplankton (individu/cc)

Keterangan : *Intercept* = 140,2581 dan *Slope* = - 0,0154

4.2. Pembahasan

Dari hasil analisis uji korelasi (Tabel 2) besar hubungan antara variabel tegangan keluaran detektor optik dengan konsentrasi fitoplankton adalah 0,997. Hal ini menunjukkan hubungan yang sangat erat (mendekati 1) antara kedua variabel tersebut. Arah hubungan negatif karena ada tanda (-) di depan angka 0,997. Hal ini menunjukkan bahwa semakin sedikit konsentrasi fitoplankton akan membuat tegangan keluaran detektor cenderung meningkat. Tingkat signifikansi koefisien korelasi adalah 0 (diukur dari probabilitasnya). Karena probabilitas jauh dibawah 0,05 maka korelasi antara tegangan keluaran detektor dengan konsentrasi fitoplankton sangat nyata. Hal ini diperkuat dengan koefisien determinasi mendekati angka 1, yaitu 0,993 karena bila angka koefisien determinasi mendekati atau sama dengan 1 maka semakin kuat hubungan antara kedua variabel. Koefisien determinasi berkisar pada angka 0 sampai 1 (Santoso, 1999). Angka koefisien determinasi 0,993 dalam hal ini berarti 99,3% tegangan keluaran disebabkan oleh konsentrasi fitoplankton sedang sisanya 0,7% disebabkan hal lain.

Hasil uji F (Tabel 3) menghasilkan F hitung 425,896 dengan probabilitas 0,000. Karena probabilitas jauh lebih kecil dari 0,05 maka model regresi ini bisa dipakai untuk memprediksi tegangan keluaran dari foto detektor.

Dari penelitian ini diperoleh persamaan regresi (Tabel 4) :

$$Y = 140,258 - 0,0154 X$$

Y = Tegangan Keluaran

X = Konsentrasi Fitoplankton

Koefisien regresi -- 0,0154 menyatakan bahwa setiap pengurangan (karena tanda -) 1 individu fitoplankton akan meningkatkan tegangan keluaran sebesar 0,0154 milivolt.

Sistem serat optik yang dirancang bangun untuk mengestimasi jumlah fitoplankton didasarkan atas prinsip bahwa sinar laser yang dijatuhkan pada sampel fitoplankton di dalam kuvet akan mengalami pelemahan intensitas karena peristiwa serapan di dalam sampel. Intensitas yang telah mengalami pelemahan diterima pada detektor optik. Tegangan keluaran optik dipakai untuk mengindikasikan keberadaan fitoplankton di dalam sampel. Pada penelitian ini panjang gelombang sumber cahaya laser diode-semikonduktor yang digunakan yaitu 675 nm sedangkan daerah serapan maksimum klorofil-a pada panjang gelombang 650-690 nm (spektrum cahaya tampak merah) (C.O. Lo, 1996). Hal ini didukung oleh data hasil penelitian Arenz *et al.* (1996) menyatakan bahwa klorofil-a yang terlarut dalam air mempunyai daerah serapan pada panjang gelombang 670 nm dan dari hasil penelitian Soedarti *et al.* (2000) yang menggunakan sumber sinar laser 675 nm dapat mendeteksi ada tidaknya fitoplankton pada air laut.

Sistem optik yang kami rancang ini semula dikhawatirkan rawan akan pengaruh peristiwa dispersi, karena medium sampel yaitu air yang merupakan medium dispersif. Pengaruh estimasi karena peristiwa dispersi dapat diatasi bila digunakan sumber cahaya yang memancarkan panjang gelombang monokromatis. Kekhawatiran lain yang dapat berpengaruh adalah peristiwa pantulan oleh sampel. Pengaruh estimasi karena pengaruh peristiwa pantulan dapat diatasi bila digunakan laser yang memancarkan panjang gelombang cahaya pada daerah dimana spektrum reflektansi sampel fitoplankton rendah tetapi pada daerah dimana spektrum absorpsi sampel fitoplankton tinggi (Gambar 1).

Karena itu dalam penelitian ini digunakan sumber cahaya (laser) yang memancarkan panjang gelombang monokromatis 675 nm, sehingga pengaruh karena peristiwa dispersi dan pantulan telah diperhitungkan tidak berpengaruh. Hal ini didukung dari data statistik yaitu pada nilai koefisien determinasinya 0,993

(Tabel 2) dalam hal ini berarti 99,3% tegangan keluaran disebabkan oleh konsentrasi fitoplankton sedang sisanya 0,7% disebabkan hal lain.

Dan dengan demikian maka pengukuran populasi fitoplankton laut dapat menggunakan serat optik dengan sumber cahaya laser (675 nm).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Ada hubungan yang kuat antara tegangan keluaran detektor optik dengan konsentrasi fitoplankton.
2. Serat optik dapat digunakan sebagai alat estimasi populasi fitoplankton.
3. Serat optik dengan sumber cahaya laser (675 nm) dapat mendeteksi kenaikan tegangan keluaran sebesar 0,0154 milivolt untuk pengurangan 1 individu fitoplankton.

5.2. Saran

Untuk penelitian lebih lanjut perlu kiranya mendeteksi kadar salinitas dan turbiditas pada sampel untuk meningkatkan keefektifan instrumen dalam mengestimasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arenz, R.F. Jr, W.M. Lewis. Jr and Sanders, J.F. III. 1996. Determination of Chlorophyll and Dissolved organic Carbon from Reflectance Data for Colorado Reservoirs. *Int. J. Remote Sensing*. 17. 1547-1566.
- Boney, A.D. 1988. Studies in Biology No. 52. *Phytoplankton*. London Edward Arnold. pp 90-92.
- C.P.Lo. 1996. *Penginderaan Jauh Terapan*. UI Press. Jakarta
- Forster, B.C., Sha Xingwei and Xu Baide. 1993. Remote Sensing of Sea Water Quality Parameters Using Landsat-TM. *Int. J. Remote Sensing*. 14. 2759-2771.
- Gitelson, AA., M. Mayo, Y. Yacobi, A. Parparov, and Berman, T. 1993. Remote Sensing Observations of The Phytoplankton Distribution in Lake Kinneret. *Proceedings of The International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'93)*. Tokyo, Japan, 18-21 August 1993, New York : IEEE. pp. 485-487.
- Hall, R.N., Fenner, G.E., Kingsley, J.D., Soltys, T.J. and Carlson, R.O. 1962. *Phys.Rev.Lett.* 9. 366.
- Laud, B.B. 1988. *Laser dan Optik Nonlinear*. UI Press. Jakarta.
- McStay, R.M., G.G. Wright and Dunn, J. 1995. A Single Probe Fibre Optic Fluorosensor for Marine and Freshwater Measurements of Phytoplankton Population. *Int. J. Remote Sensing*. 16. 957-965.
- Nybakken, J.W. 1988. *Biologi Laut*. PT Gramedia. Jakarta.
- Sachlan, M. 1982. *Planktonologi*. Fakultas Peternakan dan Perikanan-UNDIP. Semarang.

- Santoso,S. 1999. SPSS. PT Elex Media Komputindo. Jakarta
- Shimamoto A. and Tanaka K. 1995. Optical Fiber Bundle Displacement Sensor Using an Ac-modulated Light Source with Sub nanometer Resolution and Low Thermal Drift. *Applied Optics*. **34**. 5854-5860.
- Soedarti, T., Pujiyanto, dan M. Affandi. 2000. Estimasi Populasi Phytoplankton dengan Laser. *Laporan Penelitian DIP Unair*. Lembaga Penelitian Universitas Airlangga Surabaya. 26 halaman.
- W., Van Etten, and Van der Plaats. 1991. *Fundamental of Optical Fiber Communications*. Prentice Hall. New York.

Lampiran I. Hasil Uji Korelasi dan Regresi Linier dengan SPSS V 10.1

Regression**Descriptive Statistics**

	Mean	Std. Deviation	N
TEGANGAN	130.7243	7.8571	7
KONSENTR	618.5714	508.0167	7

Correlations

		TEGANGAN	KONSENTR
Pearson Correlation	TEGANGAN	1.000	-.997
	KONSENTR	-.997	1.000
Sig. (1-tailed)	TEGANGAN	.	.000
	KONSENTR	.000	.
N	TEGANGAN	7	7
	KONSENTR	7	7

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	KONSENTR ^a		Enter

- a. All requested variables entered.
b. Dependent Variable: TEGANGAN

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.997 ^a	.993	.992	.7169

- a. Predictors: (Constant), KONSENTR
b. Dependent Variable: TEGANGAN

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	367.839	1	367.839	715.707	.000 ^a
	Residual	2.570	5	.514		
	Total	370.409	6			

- a. Predictors: (Constant), KONSENTR
b. Dependent Variable: TEGANGAN

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	140.258	.448		313.299	.000
	KONSENTR	-1.541E-02	.001	-.997	-26.753	.000

a. Dependent Variable: TEGANGAN

Casewise Diagnostics^a

Case Number	Std. Residual	TEGANGAN	Predicted Value	Residual
1	1.196	120.00	119.1428	.8572
2	-.372	123.50	123.7666	-.2666
3	-1.475	126.10	127.1574	-1.0574
4	.200	131.00	130.8564	.1436
5	-.670	135.00	135.4802	-.4802
6	.825	139.00	138.4086	.5914
7	.296	140.47	140.2581	.2119

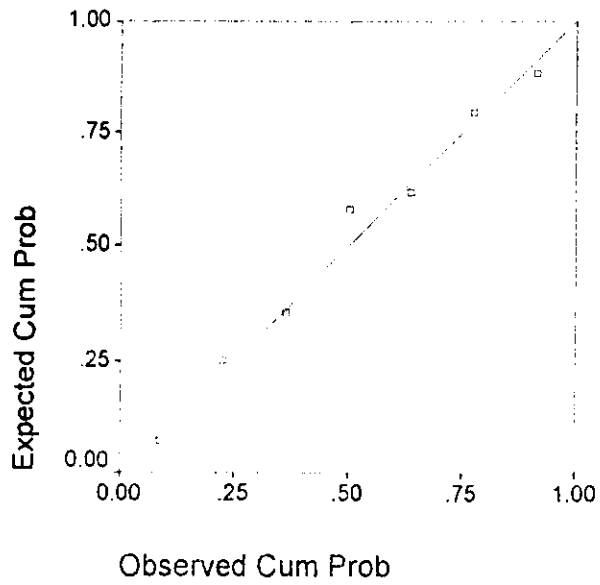
a. Dependent Variable: TEGANGAN

Residuals Statistics^a

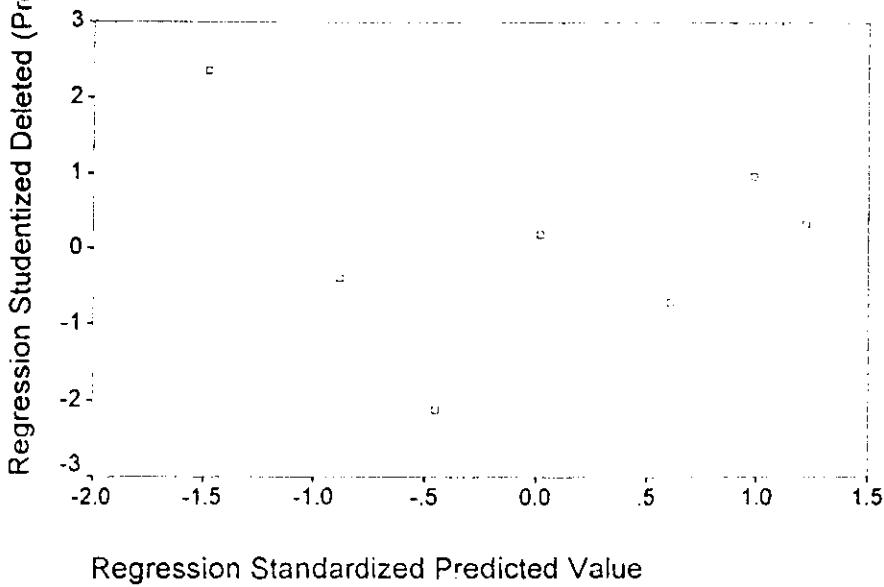
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	119.1428	140.2581	130.7243	7.8298	7
Std. Predicted Value	-1.479	1.218	.000	1.000	7
Standard Error of Predicted Value	.2710	.5107	.3751	8.449E-02	7
Adjusted Predicted Value	118.2596	140.1226	130.6031	7.9659	7
Residual	-1.0574	.8572	-2.03E-15	.6544	7
Std. Residual	-1.475	1.196	.000	.913	7
Stud. Residual	-1.626	1.704	.068	1.113	7
Deleted Residual	-1.2855	1.7404	.1211	.9956	7
Stud. Deleted Residual	-2.119	2.353	.092	1.400	7
Mahal. Distance	.000	2.188	.857	.772	7
Cook's Distance	.004	1.496	.307	.534	7
Centered Leverage Value	.000	.365	.143	.129	7

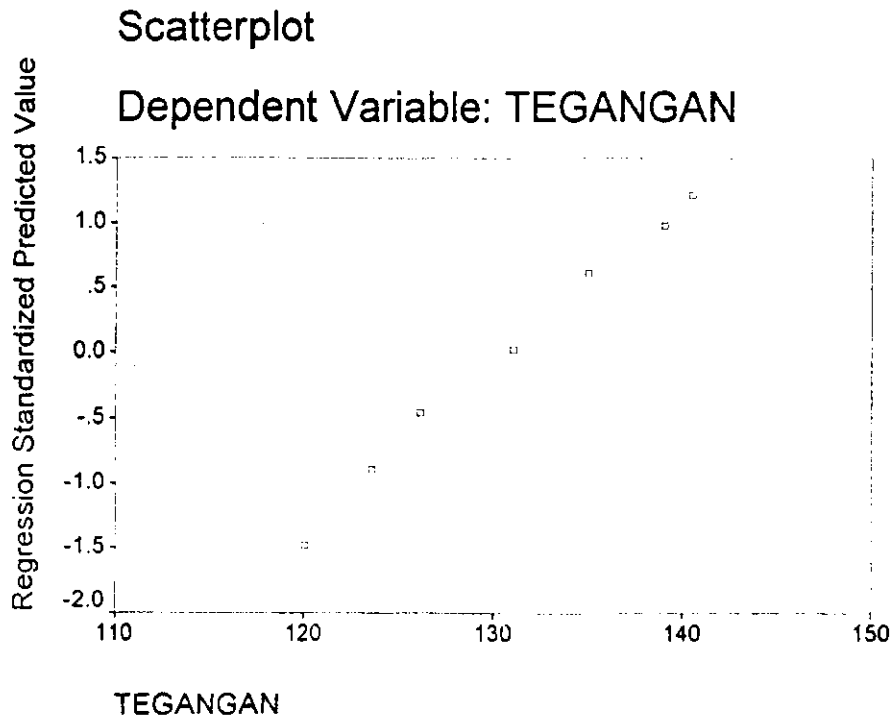
a. Dependent Variable: TEGANGAN

Normal P-P Plot of Regression Sta
Dependent Variable: TEGANGAN



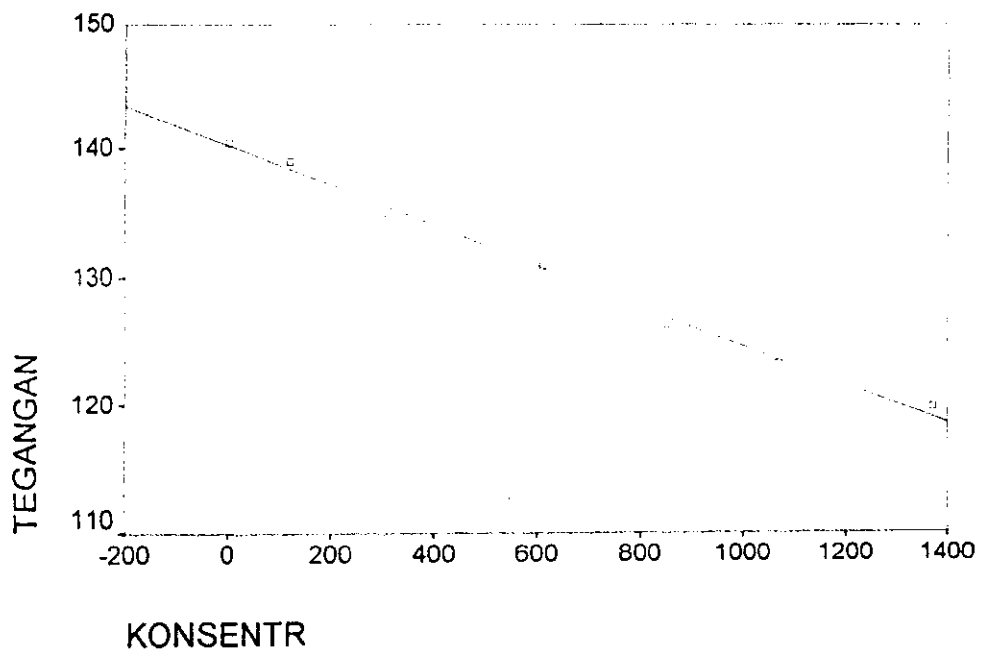
Scatterplot
Dependent Variable: TEGANGAN





Graph

Grafik Hubungan Antara Tegangan Keluaran (mV) terhadap Konsentrasi Fitoplankton (individu/cc)



Lampiran II. Data Pengamatan Tegangan Keluaran dan Konsentrasi Fitoplankton

A. Data Pengamatan Tegangan Keluaran

Kelompok	Tegangan keluaran (mili volt)	Rerata	Sd
1 Air laut tanpa fitoplankton	141 139.9 140.5	140.4667	0.550757
2	120 119.9 120.1	120	0.1
3	123.1 123.5 123.9	123.5	0.4
4	126 126.1 126.2	126.1	0.1
5	130.8 131 131.2	131	0.2
6	134 135 136	135	1
7	138.5 139.5 139	139	0.5
Kuvet kosong (kering)	141.1 141.2 140	140.7667	0.665833

B. Data Konsentrasi Fitoplankton

Kelompok	Konsentrasi Fitoplankton (individu/cc)	Rerata	Sd
2	1360 1400 1350	1370	26.45751
3	1060 1050 1100	1070	26.45751
4	810 860 880	850	36.05551
5	600 640 590	610	26.45751
6	350 280 300	310	36.05551
7	90 150 120	120	30