

**DISTRIBUSI VERTIKAL NILAI KLOOROFIL MAKSIMUM  
DI PERAIRAN PULAU BARRANG LOMPO KOTA MAKASSAR**

**SKRIPSI**

**MUHAMMAD NASHRUDDIN  
L 111 99 005**



PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS HASANUDDIN	
Tgl. Terima	12-04-04
Asal Dari	Fale Kelautan
Banyaknya	1 (satu) B/D
Harga	Gratis
No. Inven	040402042
No	18943(KL)

**PEMBIMBING**

**Ir. ABDUL RASYID J., M.Si (Pembimbing Utama)  
KHAIRUL AMRI, ST. M.Sc (Pembimbing Anggota)**

**ESKPLORASI SUMBERDAYA HAYATI LAUT  
JURUSAN ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2004**

**Distribusi Vertikal Nilai Klorofil Maksimum  
Di Perairan Pulau Barrang Lompo Kota Makassar**

Oleh

**MUHAMMAD NASHRUDDIN  
L 111 99 005**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
pada Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan  
Universitas Hasanuddin**

**Eksplorasi Sumberdaya Hayati Laut  
Jurusan Ilmu Kelautan  
Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan  
Universitas Hasanuddin  
Makassar  
2004**

## HALAMAN PENGESAHAN

**Judul** : Distribusi Vertikal Nilai Klorofil Maksimum Di Perairan Pulau Barrang Lompo

**Nama Mahasiswa** : Muhammad Nashruddin

**Stambuk** : L 111 99 005

**Program Studi** : Ilmu Kelautan

**Jurusan** : Ilmu Kelautan

Telah Diperiksa oleh:

Ir. Abdul Rasid J., M.Si  
Pembimbing Utama

Khairul Amri, ST. M.Sc  
Pembimbing Anggota

Telah disetujui oleh



Ir. H. Hamzah Sunusi, M.Sc  
Dekan



Drs. M. Anshar Amran, M.Si  
Ketua Program Studi

Tanggal lulus: 25 Februari 2004

وهو الذي مرج البحرين هذا عذب فرات وهذا ملح أجاج وجعل بينهما برزخا وحجرا

محجور

"Dan Dialah yang membiarkan dua laut yang mengalir; yang ini tawar lagi segar dan yang lain asin lagi pahit; dan Dia jadikan antara keduanya dinding dan batas yang menghalangi. (Q.S Al-Furqan 53)

مرج البحرين يتقابل بينهما برزخ لا يبغيان فبأي آلاء ربكما تكذبن

"Dia membiarkan dua lautan mengalir yang keduanya kemudian bertemu, antara keduanya ada batas yang tidak dilampaui masing-masing. Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan?... " (Q.S. Ar-Rahman 1'-21)





## RINGKASAN

**M. Nashruddin. L 111 99 005. Distribusi Vertikal Nilai Klorofil Maksimum Di Perairan Pulau Barrang Lompo Kota Makassar di bawah bimbingan Ir. Abdul Rasyid Jalil, M.Si sebagai Pembimbing Utama dan Khairul Amri, ST., M.Sc. sebagai Pembimbing Anggota.**

---

Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan profil sebaran klorofil maksimum di perairan Pulau Barrang Lompo Kota Makassar secara vertikal. Dalam penelitian ini data disajikan dengan metode diskriptif. Lokasi sampling dibagi ke dalam dua Stasiun yakni Stasiun A dan Stasiun B. Kedua Stasiun kemudian dibagi masing-masing kedalam lima kedalaman yakni kedalaman 0 meter, 5 meter, 10 meter, 15 meter dan 20 meter. Sampling dilakukan dengan pembagian waktu sampling pagi, siang dan sore hari. Parameter yang diukur adalah kandungan klorofil perairan sebagai parameter utama dan suhu, arus, salinitas, kekeruhan, kedalaman, derajat keasaman, oksigen terlarut, nitrat, nitrit dan amoniak sebagai parameter pendukung. Pengukuran parameter dilakukan di lapangan dan laboratorium.

Hasil pengukuran nilai kandungan klorofil di perairan Pulau Barrang Lompo didapatkan pada pengukuran pagi hari pada Stasiun A nilai klorofil maksimum terukur adalah 0,12 ppm pada kedalaman 20 meter. Pengukuran siang hari didapatkan nilai klorofil maksimum 1,28 ppm pada kedalaman 0 meter dan pada pengukuran sore hari didapatkan nilai klorofil maksimum 1,14 pp pada kedalaman 10 m. Pengukuran pada Stasiun B pagi didapatkan nilai klorofil maksimum terukur sebesar 0,24 ppm pada kedalaman 15 meter, pengukuran siang hari didapatkan nilai

klorofil maksimum 1,31 ppm pada kedalaman 5 meter, sedangkan pada pengukuran sore hari didapatkan nilai klorofil maksimum 1,12 ppm pada kedalaman 15 meter.

Hasil pengukuran nilai parameter pendukung memperlihatkan nilai yang memungkinkan untuk tumbuh dan berkembangnya fitoplankton

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur yang tiada berhingga penulis haturkan kehadiran Allah SWT atas karunia sehat, kesempatan dan kekuatan yang diberikan sehingga penulisan skripsi ini bisa terselesaikan.

Skripsi ini berisi hasil penelitian yang dilaksanakan sejak Bulan Agustus sampai September 2003 di Perairan Pulau Barrang Lompo Kota Makassar. Walaupun disajikan dengan metode yang singkat dan sederhana namun Penulis berharap semoga karya ilmiah ini mampu memberi sumbangsih terhadap perkembangan ilmu pengetahuan

Tak lupa penulis sampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan sampai terselesaikannya penyusunan karya ilmiah ini. Untuk itu, lewat kesempatan ini penulis sampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

- **Bapak Ir. Abdul Rasyid J., M.Si** selaku Pembimbing Utama, yang tidak hanya hadir sebagai seorang pembimbing tapi juga sebagai seorang teman, sahabat, dan juga sebagai orang tua.
- **Bapak Khairul Amri ST, M.Sc** selaku Pembimbing Anggota, yang telah menerima dan membimbing dengan begitu telaten
- **Bapak Ir. Rahmadi Tambaru, M.Si** selaku orang yang selalu menjadi tempat bertanya dan berbagi banyak persoalan
- **M.Lukman, ST. M.Mar.Sc;** pemberi inspirasi, arahan dan ide pada penulis
- **Bp M.Syaifullah** yang telah banyak berkorban tenaga, waktu dan materi untuk saya. Terima kasih atas pengorbanan Bapak yang tiada bernilai

- Rekan - rekan satu team peneliti: Abd. Khalik, Abdullah, Salman, Munir dan Awaludin, terima kasih atas bantuan dan nasihat Antum semua
- Teman-teman seperjuangan di angkatan '99, Ijal, Ucu', Wahyud, Handri, Ancu', Rudi, Haekal, Edo', Ode, Iqbal dan yang tidak sempat disebut namanya. Terima kasih atas kebersamaan kalian selama ini. Kak Nas Buthon (96), asisten teladanku, terima kasih atas petunjuk-petunjuknya
- Saudaraku Nasiruddin terimakasih atas tumpangan yang telah Antum berikan
- Al akh Munawar, Yusran, Ibe, Hamzah dan semua crew Asrama Lestari terimakasih atas dukungan Antum semua
- Saudaraku Radius Ramli, teman seperjuangan dan sependeritaanku dari dulu, terima kasih atas dukungannya selama ini
- Kak Tenri yang baik, yang terlalu sering saya repotkan terima kasih atas repot-repotnya
- Terkhusus buat keluargaku tercinta; Ayah, ibu, kakak-kakak, adik-adikku, serta keponakanku semua. Terimakasih atas pengorbanan yang tiada berhingga yang telah kalian berikan.... terima kasih atas penyertaan kalian yang tiada terbatas ..... terima kasih atas keihklasan kalian yang tiada ternilai.....terima kasih atas semuanya. Buat saudaraku M. Ikhsan terima kasih atas semua pengorbanannya selama ini.

Akhirnya penulis hanya mampu berharap mudah-mudahan karya ini mampu memberi manfaat bagi orang lain khususnya bagi diri penulis sendiri

Makassar, Februari 2004

Penulis

## DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
RINGKASAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	2
1.2 Tujuan dan Kegunaan .....	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian .....	2
II TINJAUAN PUSTAKA .....	
2.1 Klorofil .....	3
2.2 Parameter Hara Perairan .....	
2.1.2 Nitrogen (Nitrat, Nitrit, Amoniak) .....	6
2.1.3 Fosfat .....	9
2.3 Parameter Fisika-Kimia Oseanografi .....	11
2.3.1 Suhu .....	14
2.3.2 Kecepatan Arus .....	16
2.3.3 Salinitas .....	16
2.3.4 Kekeruha .....	19
2.3.5 Kedalaman .....	20
2.3.6 Oksigen Terlarut (DO) .....	21
2.3.7 Derajat keasaman .....	21

### III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat.....	23
3.2 Alat dan Bahan .....	23
3.3 Prosedur Penelitian	
3.3.1 Tahap Persiapan .....	24
3.3.2 Penentuan Stasiun .....	24
3.3.3 Tahap Pengambilan Sampel .....	25
3.3.4 Tahap Analisis Laboratorium .....	27
3.4 Analisis Data .....	28

### IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Klorofil .....	29
4.2 Hara Perairan	
4.2.1 Nitrat .....	37
4.2.2 Nitrit .....	39
4.2.3 Amoniak .....	40
4.2.4 Fosfat .....	41
4.3 Parameter Fisika-Kimia Oseanografi	
4.3.1 Suhu .....	43
4.3.2 Kecepatan Arus .....	44
4.3.3 Salinitas .....	44
4.3.4 Kekeruhan .....	46
4.3.5 Kedalaman .....	46
4.3.6 Oksigen Terlarut (DO) .....	47
4.3.7 Derajat Keasaman (pH) .....	48

### V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran .....	49

### DAFTAR PUSTAKA

### LAMPIRAN



## DAFTAR TABEL

<i>Tabel</i>	<i>Teks</i>	<i>Halaman</i>
Tabel 1	Alat dan Kegunaan serta Metode yang Digunakan Dalam Penelitian.....	23
Tabel 2	Bahan-bahan yang Digunakan Berdasarkan Analisis Jenis Sampel .....	24
Tabel 3	Nilai Rata-rata Hasil Pengukuran Klorofil Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran	29
Tabel 4	Nilai Rata-rata Hasil Pengukuran Nitrat, Nitrit, Amoniak dan Fosfat Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran	37
Tabel 5	Nilai Rata-rata Hasil Pengukuran Parameter Fisika-Kimia Oseanografi Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran	43

## DAFTAR GAMBAR

<i>Teks</i>	<i>Halaman</i>
Gambar 1. Profil sebaran Klorofil secara vertikal pada Stasiun A dan Stasiun B di Perairan Pulau Barrang Lompo pada berbagai waktu pengukuran .....	30
Gambar 2. Profil sebaran Klorofil secara vertikal pada Stasiun A dan Stasiun B pagi hari di Perairan Pulau Barrang Lompo.....	30
Gambar 3. Profil sebaran Korofil secara vertikal pada Stasiun A dan Stasiun B siang hari di Perairan Pulau Barrang Lompo .....	32
Gambar 4. Profil sebaran Klorofil secara vertikal pada Stasiun A dan Stasiun B sore hari di Perairan Pulau Barrang Lompo .....	35
Gambar 5. Profil sebaran Nitrat secara vertikal pada Stasiun A dan Stasiun B di Perairan Pulau Barrang Lompo pada berbagai waktu pengukuran .....	38
Gambar 6. Profil sebaran Nitrit secara vertikal pada Stasiun A dan Stasiun B di Perairan Pulau Barrang Lompo pada berbagai waktu pengukuran .....	39
Gfambar 7. Profil sebaran amoniak secara vertikal pada Stasiun A dan Stasiun B di Perairan Pulau Barrang Lompo pada berbagai waktu pengukuran .....	40
Gambar 8. Profil sebaran Fosfat secara vertikal pada Stasiun A dan Stasiun B di Perairan Pulau Barrang Lompo pada berbagai waktu pengukuran .....	41

## DAFTAR LAMPIRAN

<i>Teks</i>		<i>Halaman</i>
Lampiran 1	Tabel Hasil Pengukuran Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran	55
Lampiran 2	Tabel Hasil Pengukuran Salinitas ( $\text{‰}$ ) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran	55
Lampiran 3	Tabel Hasil Pengukuran Kekeruhan (NTU) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran	55
Lampiran 4	Tabel Hasil Pengukuran DO (ppm) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran	56
Lampiran 5	Tabel Hasil Pengukuran pH Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran	56
Lampiran 6	Tabel Hasil Pengukuran Nitrat (mg/l) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran	56
Lampiran 7	Tabel Hasil Pengukuran Nitrit (mg/l) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran	57
Lampiran 8	Tabel Hasil Pengukuran Amoniak (mg/l) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran	57
Lampiran 9	Tabel Hasil Pengukuran Fosfat (ppm) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran	57
Lampiran 10	Tabel Hasil Pengukuran Fosfat (ppm) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran	58

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Fotosintesis merupakan proses yang hanya dilakukan oleh tumbuhan hijau yang mempunyai klorofil untuk menghasilkan makanan, proses fotosintesis ini mensintesa glukosa dari karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) yang dilakukan oleh sel-sel berklorofil dengan bantuan sinar matahari. Di laut, proses fotosintesis terjadi pada tumbuhan yang mengandung klorofil terutama fitoplankton yang memegang peranan penting sebagai produsen primer, karena merupakan komponen utama tumbuhan yang mengandung klorofil. Klorofil pada tumbuhan dibedakan menjadi tiga macam yakni klorofil *a*, klorofil *b* dan klorofil *c*. Semua jenis klorofil tumbuhan ini terkandung pada fitoplankton bahari (Riyono, 1997).

Dalam proses fotosintesis energi surya diserap oleh pigmen-pigmen fotosintetik. Pigmen fotosintetik tersebut yang terpenting adalah klorofil *a*, klorofil *b*, klorofil *c*, carotene, pirimidin, neopiridinin, dinoxanthin, xanthophyl dan fikobilin. Klorofil mampu menyerap cahaya pada spektrum kasat mata. Klorofil *a* dan klorofil *b* paling kuat menyerap cahaya dibagian merah dan ungu spektrum tersebut, sedangkan cahaya hijau paling sedikit diserap.

Nybakken (1992) mengatakan bahwa proses fotosintesis di dalam perairan hanya dapat berlangsung bila ada cahaya sampai pada kedalaman tertentu dimana fitoplankton berada. Keadaan penetrasi cahaya di dalam perairan bergantung pada absorpsi cahaya oleh air, panjang gelombang cahaya, kecerahan air, pemantulan

cahaya oleh permukaan air, lintang geografis dan musim. Nontji (1993) mengatakan bahwa fotosintesis yang paling besar terjadi pada daerah permukaan sampai pada kedalaman dengan nilai intensitas cahaya kurang lebih tinggal 1% dari yang ada di permukaan. Intensitas cahaya matahari dan nutrisi yang tersedia di perairan diketahui dapat memicu perkembangan konsentrasi klorofil. Peranan cahaya terhadap kandungan klorofil per sel memberikan peningkatan jumlah alga per unit jaringan. Tingginya kepadatan alga per unit volume disebabkan oleh adanya perkembangan kandungan klorofil dalam sel (Moosa dan Suharsono, 1995).

Kesuburan suatu perairan tergantung pada produktivitas tumbuhan berklorofil yang melakukan interaksi dengan berbagai faktor lingkungan seperti ketersediaan unsur hara di perairan. Selain sebagai indikator produktivitas primer perairan klorofil juga digunakan sebagai ukuran biomassa fitoplankton pada perairan. Oleh sebab itulah klorofil plankton dapat dijadikan sebagai indikator kesuburan perairan (Samawi, 2001).

Perairan Pulau Barrang Lompo merupakan perairan yang sering dijadikan sebagai lokasi penelitian, tetapi penelitian tentang sebaran klorofil secara vertikal perairan tersebut belum pernah dilakukan, untuk itulah dipandang perlu melakukan penelitian distribusi vertikal nilai klorofil maksimum sebagai salah satu data pelengkap informasi kondisi perairan tersebut

## 1.2 Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan distribusi vertikal klorofil maksimum di perairan Pulau Pulau Barrang Lompo secara vertikal.

Adapun kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai sumber informasi kondisi kesuburan perairan Pulau Barrang Lompo, sekaligus sebagai data awal penelitian tentang klorofil maksimum.

## 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

### 1.3.1 Batasan Wilayah

Penelitian ini berlokasi di Perairan Pulau Barrang Lompo Kota Makassar

### 1.3.2 Batasan Parameter

Parameter utama yang diukur adalah kandungan klorofil perairan, sedangkan parameter pendukung adalah:

Parameter hara perairan:

- Nitrat
- Amoniak
- Nitrit
- Fosfat.

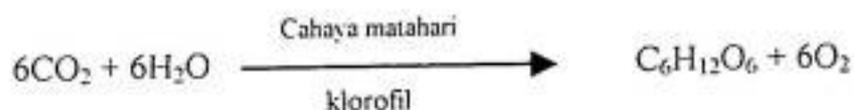
Parameter fisika - kimia oseanografi

- Suhu
- Kedalaman
- Arus
- Dissolved oxygen (DO)
- Salinitas
- pH
- Kekeruhan

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Klorofil

Klorofil (*chlorophyll*) adalah zat pembawa warna hijau pada tumbuh-tumbuhan. Klorofil berasal dari bahasa Yunani: *khloros* (hijau kekuningan) dan *phullon* (daun). Klorofil berperan melakukan fotosintesa (menyerap dan menggunakan energi sinar matahari untuk mensintesa oksigen dan karbohidrat dari CO<sub>2</sub> dan air) pada tumbuh-tumbuhan. Riyono (1997) menggambarkan proses fotosintesis sebagai berikut:



Fotosintesa tidak hanya penting bagi kehidupan tumbuh-tumbuhan. Tetapi juga bagi manusia karena sebagian besar kebutuhan gizi berasal dari tumbuh-tumbuhan. Klorofil termasuk zat makanan yang sudah ribuan tahun akrab dengan sel-sel tubuh manusia. Zat hijau/hijau kebiruan ini merupakan sel hidup pertama yang tumbuh di atas muka bumi dalam bentuk lumut (blue-green algae) sekitar tiga setengah milyar tahun lalu. Sedangkan sel-sel organisme lainnya baru muncul 650 juta tahun lalu. Namun sampai saat ini, bagaimana proses terbentuknya klorofil di dalam struktur tumbuh-tumbuhan masih merupakan misteri (Anonim, 2003).

Klorofil sangat berperan dalam proses fotosintesis tumbuhan. Fotosintesis hanya berlangsung pada sel yang memiliki pigmen fotosintetik. Klorofil dalam tumbuhan terdapat dalam kloroplas yaitu sebuah bagian khusus di dalam sitoplasma



yang berisi klorofil, disinilah tempat terjadinya reaksi-reaksi penting untuk pembentukan kanji atau gula, atau makanan cadangan lainnya (Basmi, 1995). Dilihat dari strukturnya, kloroplas terdiri atas membran ganda yang melingkupi ruangan yang berisi cairan yang disebut stroma. Membran tersebut membentuk suatu sistem membran tilakoid yang berwujud sebagai suatu bangunan yang disebut kantung tilakoid. Kantung-kantung tilakoid tersebut dapat berlapis-lapis dan membentuk apa yang disebut grana. Klorofil terdapat pada membran tilakoid dan perubahan energi cahaya menjadi energi kimia berlangsung dalam tilakoid, sedang pembentukan glukosa sebagai produk akhir fotosintesis berlangsung di stroma (Anonim, 2003).

Ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap pembentukan klorofil yakni antara lain; a) gen: bila gen untuk klorofil tidak ada maka tanaman tidak akan memiliki klorofil, b) cahaya; beberapa tumbuhan dalam pembentukan klorofil memerlukan cahaya, tanaman lain tidak memerlukan cahaya, c) unsur N, Mg, Fe: merupakan unsur-unsur pembentuk dan katalis dalam sintesis klorofil d), air: bila kekurangan air akan terjadi desintegrasi klorofil (Anonim, 2003).

Klorofil fitoplankton bahari terutama terdapat pada alga hijau (Chlorophyta) dengan kandungan klorofil *a* dan klorofil *b*, alga biru (Cyanophyta) mengandung klorofil *a* alga coklat - kuning (Chrysophyta) mengandung 3 jenis klorofil yakni klorofil *a*, klorofil *b* dan klorofil *c*, dinoflagellata (Dinophyta) mengandung klorofil *a* dan *c*, alga merah mengandung klorofil *a* dan klorofil *d*, alga coklat (Phaeophyta) mengandung klorofil *a* dan klorofil *c* (Basmi, 1995).

## 2.2 Parameter Hara Perairan

### 2.2.1 Nitrogen (Nitrat, Nitrit dan Amoniak)

Nutrien adalah semua unsur dan senyawa yang dibutuhkan oleh tumbuhan-tumbuhan yang berada dalam bentuk material organik (misalnya amonia, nitrat) dan anorganik terlarut (asam amino). Elemen-elemen nutrisi utama yang dibutuhkan dalam jumlah besar adalah karbon, nitrogen, fosfor, oksigen, silikon, magnesium, potasium, dan kalsium, sedangkan nutrisi *trace element* dibutuhkan dalam konsentrasi sangat kecil, yakni besi, copper, dan vanadium (Levinton, 1982). Menurut Parsons *et al.* (1984), alga membutuhkan elemen nutrisi untuk pertumbuhan. Beberapa elemen seperti C, H, O, N, Si, P, Mg, K, dan Ca dibutuhkan dalam jumlah besar dan disebut makronutrien, sedangkan elemen-elemen lain dibutuhkan dalam jumlah sangat sedikit dan biasanya disebut mikronutrien atau *trace element*. Diantara unsur-unsur makronutrien, unsur N merupakan salah satu unsur yang sering sebagai faktor pembatas bagi pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton. Disebut faktor pembatas, karena unsur tersebut dibutuhkan oleh fitoplankton dalam jumlah yang besar tapi tersedia dalam jumlah yang terbatas.

Sebaran klorofil di dalam kolom perairan sangat tergantung pada konsentrasi nutrisi. Konsentrasi nutrisi di lapisan permukaan sangat sedikit dan akan meningkat pada lapisan termoklin dan lapisan di bawahnya. Brown *et al.* (1989) mengemukakan bahwa nutrisi memiliki konsentrasi rendah dan berubah-ubah pada

permukaan laut dan konsentrasinya akan meningkat dengan bertambahnya kedalaman serta akan mencapai konsentrasi maksimum pada kedalaman antara 500 – 1500 m.

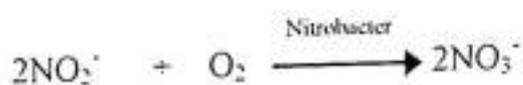
Menurut Nybakken (1992), zat hara organik utama yang diperlukan fitoplankton untuk tumbuh dan berkembang biak ialah nitrogen (dalam bentuk nitrat,  $\text{NO}_3$ ) dan fosfor (dalam bentuk fosfat,  $\text{PO}_4$ ). Perbandingan antara nitrogen dan fosfor yang diperlukan oleh fitoplankton berkisar antara 10:1 sampai 20:1. Penambahan nitrogen dalam perairan dapat meningkatkan pertumbuhan alga, sesuai dengan anggapan bahwa nitrogen merupakan suatu faktor pembatas (Grahme, 1987). Besar kecilnya unsur-unsur tersebut dalam perairan sangat bergantung pada masukan dari luar perairan seperti dari sungai, resapan tanah, pencucian ataupun erosi, serta sistem pembentukan yang berlangsung di badan air itu sendiri. Sumber nitrogen yang paling besar berasal dari udara, sekitar 80% dalam bentuk nitrogen bebas yang masuk dalam proses fiksasi biologis dalam kondisi aerobik.

Pada umumnya tumbuhan memanfaatkan nitrogen dalam bentuk senyawa anorganik, seperti  $\text{NO}_3\text{N}$  (nitrat-nitrogen) dan  $\text{NH}_3\text{N}$  (amonia-nitrogen) (Welch, 1980). Selanjutnya dikatakan bahwa nitrogen diabsorpsi oleh fitoplankton menjadi nitrat ( $\text{NO}_3\text{N}$ ) dan amoniak ( $\text{NH}_3\text{N}$ ). Fitoplankton lebih banyak menyerap  $\text{NH}_3\text{N}$  ketimbang  $\text{NO}_3\text{N}$  karena lebih banyak dijumpai baik dalam kondisi aerobik maupun anaerobik. Menurut Wardoyo (1981), nitrogen merupakan salah satu unsur penting untuk pertumbuhan organisme dan pembentuk protein. Nitrogen bebas dalam air mengalami tiga perubahan bentuk yakni amonia, nitrit, dan nitrat. Ketiga bentuk tersebut sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen bebas dalam air laut. Pada saat

kadar oksigen rendah, keseimbangan bergerak menuju amoniak (denitrifikasi) sedangkan pada saat kadar oksigen tinggi keseimbangan bergerak menuju nitrat (nitrifikasi). Dengan demikian nitrat merupakan hasil akhir dari oksidasi nitrogen dalam air laut. Kabal (2000) mengatakan bahwa proses nitrifikasi terjadi dimana senyawa amoniak dalam kondisi aerob teroksidasi menjadi nitrit dan nitrat dengan bantuan bakteri autotrof melalui proses mikrobiologi. Proses nitrifikasi terjadi dalam dua tahap yakni:

- 1) mengubah amoniak ( $\text{NH}_4^+$ ) menjadi nitrit ( $\text{NO}_2^-$ )
- 2) mengubah nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) menjadi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )

Secara sederhana proses nitrifikasi dapat dirumuskan sebagai berikut:



Kadar nitrat di perairan khususnya daerah eufotik sangat dipengaruhi oleh transportasi nitrat ke daerah tersebut. Bila intensitas cahaya yang masuk ke dalam perairan cukup maka kecepatan pengambilan nitrat oleh tumbuhan nabati (fitoplankton dan alga) lebih cepat dari pada proses transportasi nitrat kelapisan permukaan (eufotik). Meningkatnya kadar zat-zat hara tersebut dalam perairan laut berhubungan dengan masuknya bahan organik yang mudah urai baik yang mengandung unsur nitrogen atau tidak kedalam perairan.

Novotny dan Olem (1994) mengatakan bahwa nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) biasanya ditemukan dalam jumlah yang sedikit di perairan alami, kadarnya lebih kecil dari

pada nitrat karena nitrit bersifat tidak stabil jika terdapat oksigen. Nitrit merupakan bentuk peralihan (intermediat) antara amoniak dan nitrat (nitrifikasi), dan antara nitrat dan gas nitrogen (denitrifikasi). Denitrifikasi berlangsung pada kondisi anaerob seperti terlihat pada persamaan reaksi berikut:



Pada denitrifikasi dilepaskan  $\text{N}_2$  yang bisa terlepas dalam air menuju udara. Keberadaan nitrit menggambarkan berlangsungnya proses biologis perombakan bahan organik dengan kadar oksigen terlarut sangat rendah. Kadar nitrit pada perairan relatif kecil karena segera dioksidasi menjadi nitrat.

Kadar nitrit di perairan alami sekitar 0,001 mg/l dan sebaliknya tak melebihi 0,06 mg/l (Anonim, 1987). Sawyer dan Mc Carty (1978) menambahkan bahwa di perairan, kadar nitrit jarang melebihi 1 mg/l. Sumber nitrit dapat berupa limbah industri dan limbah domestik. Kadar nitrit yang melebihi 0,05 mg/l dapat bersifat sangat toksik bagi organisme perairan yang sensitif (Moore, 1991).

Distribusi nitrat, nitrit dan amoniak secara vertikal di dalam perairan akan semakin tinggi dengan bertambahnya ke dalalaman sedangkan sebarannya secara horizontal akan semakin tinggi pada daerah dekat pantai dan muara sungai (Hutagalung dan Rozak, 1997).

### 2.2.2 Fosfat

Fosfor dalam laut berada dalam bentuk yang beragam tapi yang terutam adalah bentuknya sebagai ortofosfat anorganik ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) yang secara sederhana disebut

fosfat (Spencer, 1975). Koeseobiono (1981) menambahkan bahwa dalam perairan laut yang bersalinitas dan bersuhu normal 87 % dari fosfat adalah orto-fosfat ( $\text{HPO}_4\text{P}$ ), 12% sebagai  $\text{PO}_4\text{P}$  dan 1% sebagai  $\text{H}_2\text{PO}_4\text{P}$ . Menurut Samawi (2000), ortofosfat merupakan fosfat anorganik sebagai salah satu bentuk fosfor (P) yang terlarut dalam air. Ortofosfat terlarut terdiri dari ion-ion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  dan  $\text{PO}_4^{3-}$ , sebagaimana ditunjukkan reaksi kesetimbangan dibawah ini:



Fosfor merupakan salah satu unsur penting dalam pertumbuhan dan metabolisme tumbuhan diatom. Setiorini (1996) mengatakan bahwa fosfor dalam bentuk fosfat merupakan salah satu unsur esensial bagi metabolisme dan pembentukan protein. Fosfat yang diserap oleh jasad hidup nabati adalah fosfat dalam bentuk ortofosfat. Samawi dan Tambaru (1996) menambahkan bahwa bentuk ortofosfat adalah bentuk yang langsung bisa dimanfaatkan oleh organisme nabati (fitoplankton dan tumbuhan air). Fosfor yang telah diserap oleh sel, merupakan bagian dari komponen struktural dari sel dan berperan pula dalam proses pengalihan energi dalam sel (Wetzel *et al*, 1983).

Fosfat sangat berpengaruh terhadap penyebaran dan jenis fitoplankton pada perairan. Perairan yang memiliki nilai fosfat rendah (0,00-0,02 ppm) akan dijumpai dominasi diatom terhadap fitoplankton yang lain. Pada perairan yang memiliki nilai

fosfat sedang (0,02-0,05 ppm) akan dijumpai jenis *Chylophyceae*, sedangkan pada perairan dengan nilai fosfat yang tinggi (> 0,10 ppm) didominasi oleh *Cyanophyceae* (Kaswadji *et al*, 1993).

Susana (1989) mengatakan bahwa senyawa fosfat dalam perairan dapat berasal dari sumber alami seperti erosi tanah, buangan hewan dan lapukan tumbuha. Sumber lainnya adalah buangan limbah industri, hanyutan dari pupuk, hancuran dari bahan organik dan mineral-mineral fosfat. Chaniago (1994) menambahkan bahwa sumber utama fosfat terlarut dalam perairan adalah hasil pelapukan mineral-mineral yang mengandung fosfat serta bahan organik seperti hancuran tumbuh-tumbuhan.

Dalam air laut kadar rata-rata fosfat adalah sekitar 2 ppm, kadar ini akan semakin meningkat dengan masuknya limbah domestik, industri dan pertanian yang banyak mengandung fosfat ke perairan. Peningkatan kadar fosfat dalam laut akan menyebabkan terjadinya *blooming* fitoplankton (Hutagalung dan Rozak, 1997).

## 2.3 Parameter Fisika-Kimia Oseanografi

### 2.3.1 Suhu

Suhu adalah ukuran energi gerakan molekul. Di samudra suhu bervariasi secara horizontal sesuai dengan garis lintang, dan juga secara vertikal sesuai dengan kedalaman. Suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme. Proses kehidupan yang vital, yang secara kolektif disebut metabolisme hanya berfungsi pada kisaran suhu yang relatif sempit yakni antara 0-40 °C. Tapi ada juga organisme yang mampu mentolerir suhu

sedikit di atas dan sedikit di bawah batas - batas tersebut. Variasi suhu di perairan tropis berdasarkan kedalaman yakni sekitar 20-30 °C (Nybakken, 1992). Menurut Koesoebiono (1981), suhu air permukaan daerah tropik rata-rata antara 24 °C dan 27 °C, dengan suhu minimum 20 °C dan maksimum 30 °C.

Laut tropik memiliki massa air permukaan hangat yang disebabkan oleh adanya pemanasan yang terjadi secara terus-menerus sepanjang tahun. Pemanasan tersebut mengakibatkan terbentuknya stratifikasi di dalam kolom perairan yang disebabkan oleh adanya gradien suhu. Berdasarkan gradien suhu secara vertikal di dalam kolom perairan. Tubalawony (2002) membagi perairan menjadi tiga lapisan, yaitu: a) lapisan homogen pada permukaan perairan atau disebut juga lapisan permukaan tercampur; b) lapisan diskontinuitas atau biasa disebut lapisan termoklin; dan c) lapisan di bawah termoklin dengan kondisi yang hampir homogen, dimana suhu berkurang secara perlahan-lahan ke arah dasar perairan.

Menurut Lukas dan Lindstrom (1991), kedalaman setiap lapisan di dalam kolom perairan dapat diketahui dengan melihat perubahan gradien suhu dari permukaan sampai lapisan dalam. Lapisan permukaan tercampur merupakan lapisan dengan gradien suhu tidak lebih dari 0,03 °C/m, sedangkan kedalaman lapisan termoklin dalam suatu perairan didefinisikan sebagai suatu kedalaman atau posisi dimana gradien suhu lebih dari 0,1 °C/m. Koesoebiono (1981) mengatakan bahwa perbedaan suhu yang menyolok antara lapisan air permukaan dengan lapisan termoklin mengakibatkan perbedaan densitas antara keduanya cukup besar. Dengan demikian zarah-zarah hidup maupun mati sangat sulit menembus batas atas termoklin.

Suhu permukaan laut tergantung pada beberapa faktor, seperti presipitasi, evaporasi, kecepatan angin, intensitas cahaya matahari, dan faktor-faktor fisika yang terjadi di dalam kolom perairan. Presipitasi terjadi di laut melalui curah hujan yang dapat menurunkan suhu permukaan laut, sedangkan evaporasi dapat meningkatkan suhu permukaan akibat adanya aliran bahang dari udara ke lapisan permukaan perairan. Menurut McPhaden and Hayes (1991), evaporasi dapat meningkatkan suhu kira-kira sebesar  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  pada lapisan permukaan hingga kedalaman 10 m dan hanya kira-kira  $0,12\text{ }^{\circ}\text{C}$  pada kedalaman 10 – 75 m. Disamping itu Lukas and Lindstrom (1991) mengatakan bahwa perubahan suhu permukaan laut sangat tergantung pada termodinamika di lapisan permukaan tercampur. Daya gerak berupa adveksi vertikal, turbulensi, aliran *buoyancy*, dan *entrainment* dapat mengakibatkan terjadinya perubahan pada lapisan tercampur serta kandungan bahangnya. Menurut McPhaden and Hayes (1991), adveksi vertikal dan *entrainment* dapat mengakibatkan perubahan terhadap kandungan bahang dan suhu pada lapisan permukaan. Kedua faktor tersebut bila dikombinasi dengan faktor angin yang bekerja pada suatu periode tertentu dapat mengakibatkan terjadinya upwelling. Upwelling menyebabkan suhu lapisan permukaan tercampur menjadi lebih rendah. Pada umumnya pergerakan massa air disebabkan oleh angin. Angin yang berhembus dengan kencang dapat mengakibatkan terjadinya pencampuran massa air pada lapisan atas yang mengakibatkan sebaran suhu menjadi homogen.

Koesoebiono (1981) mengatakan bahwa suhu lingkungan hidup merupakan salah satu faktor dalam distribusi organisme, sedangkan sifat fisik lingkungan hidup,

misalnya viskositas air dipengaruhi oleh suhu. Viskositas air menurun dengan meningkatnya suhu. Tomascik *et al.* (1997) menambahkan bahwa suhu memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap proses fotosintesis di lautan baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung, suhu memberikan peran dalam mengontrol reaksi kimia enzimatik dalam proses fotosintesis. Tingginya suhu dapat meningkatkan laju fotosintesis, sedangkan secara tidak langsung yakni memberikan pengaruh dalam merubah struktur hidrologi kolom perairan yang dapat mempengaruhi distribusi fitoplankton baik secara vertikal maupun horizontal.

### 2.3.2 Arus

Perairan Indonesia yang terletak di antara benua Asia dan Australia berada dalam suatu sistem pola angin yang disebut sistem angin muson. Angin muson bertiup ke arah tertentu pada suatu periode sedangkan pada periode lainnya angin bertiup dengan arah yang berlawanan. Terjadinya angin muson ini karena adanya perbedaan tekanan udara antara daratan Asia dan Australia (Tubalawony, 2002). Pada bulan Desember – Pebruari di belahan bumi utara terjadi musim dingin sedangkan di belahan bumi selatan terjadi musim panas sehingga menyebabkan pusat tekanan tinggi di daratan Asia dan pusat tekanan rendah di daratan Australia. Keadaan ini menyebabkan angin berhembus dari daratan Asia menuju Australia. Angin ini dikenal di sebelah selatan khatulistiwa sebagai angin Muson Barat Laut. Sebaliknya pada bulan Juli – Agustus berhembus angin Muson Tenggara dari daratan Australia yang bertekanan tinggi ke daratan Asia yang bertekanan rendah.



Sirkulasi air laut di perairan Indonesia dipengaruhi oleh sistem angin muson

Oleh karena sistem angin muson ini bertiup secara tetap, walaupun kecepatan relatif tidak besar, maka akan tercipta suatu kondisi yang sangat baik untuk terjadinya suatu pola arus. Pada musim barat, pola arus permukaan perairan Indonesia memperlihatkan arus bergerak dari Laut Cina Selatan menuju Laut Jawa. Di Laut Jawa, arus kemudian bergerak ke Laut Flores hingga mencapai Laut Banda. Sedangkan pada saat Muson Tenggara, arah arus sepenuhnya berbalik arah menuju ke barat yang akhirnya akan menuju ke Laut Cina Selatan (Tubalawony, 2002).

Perairan Indonesia merupakan perairan di mana terjadi lintasan arus yang membawa massa air dari Lautan Pasifik ke Lautan Hindia yang biasanya disebut Arus Lintas Indonesia/Arlindo (Fieux *et al.*, 1996). Massa air Pasifik tersebut terdiri atas massa air Pasifik Utara dan Pasifik Selatan (Tomascik *et al.*, 1997). Terjadinya Arlindo terutama disebabkan oleh bertiupnya angin Pasat Tenggara di bagian selatan Pasifik dari wilayah Indonesia. Angin tersebut mengakibatkan permukaan bagian tropik Lautan Pasifik Barat lebih tinggi dari pada Lautan Hindia bagian timur. Hasilnya terjadi gradien tekanan yang mengakibatkan mengalirnya arus dari Lautan Pasifik ke Lautan Hindia. Arus Lintas Indonesia selama Muson Tenggara umumnya lebih kuat dari pada Muson Barat Laut. Arus tidak mempengaruhi penetrasi cahaya, kecuali bila endapan lumpur di dasar teraduk dan mengakibatkan keruhnya perairan. Akibat dari adanya arus ialah kemungkinan terjadinya transport bahan-bahan makanan dari suatu daerah ke daerah lain. Tetapi ada pula kemungkinan bahwa bahan-bahan tercampur terangkut ke daerah yang lebih luas.

curah hujan tinggi dan dipengaruhi oleh aliran sungai memiliki salinitas yang rendah sedangkan perairan yang memiliki penguapan yang tinggi, salinitas perairannya tinggi. Selain itu pola sirkulasi juga berperan dalam penyebaran salinitas di suatu perairan. Parsons *et al* (1984) mengatakan bahwa perairan samudra memiliki kisaran salinitas antara 34-35‰ sedangkan untuk perairan pantai memiliki kisaran salinitas normal antara 28-32‰.

Secara vertikal nilai salinitas air laut akan semakin besar dengan bertambahnya kedalaman. Di perairan laut lepas, angin sangat menentukan penyebaran salinitas secara vertikal. Pengadukan di dalam lapisan permukaan memungkinkan salinitas menjadi homogen. Terjadinya upwelling yang mengangkat massa air bersalinitas tinggi di lapisan dalam juga mengakibatkan meningkatnya salinitas permukaan perairan (Nybakken, 1992).

Sistem angin muson yang terjadi di wilayah Indonesia dapat berpengaruh terhadap sebaran salinitas perairan, baik secara vertikal maupun secara horizontal. Secara horizontal berhubungan dengan arus yang membawa massa air, sedangkan sebaran secara vertikal umumnya disebabkan oleh tiupan angin yang mengakibatkan terjadinya gerakan air secara vertikal. Menurut Tubalawony (2002), sistem angin muson menyebabkan terjadinya musim hujan dan panas yang akhirnya berdampak terhadap variasi tahunan salinitas perairan. Perubahan musim tersebut selanjutnya mengakibatkan terjadinya perubahan sirkulasi massa air yang bersalinitas tinggi dengan massa air bersalinitas rendah. Interaksi antara sistem angin muson dengan

Arus sangat berpengaruh terhadap penyebaran organisme terutama organisme planktonik. Selain arus horizontal, di lautan juga terdapat arus vertikal yang memindahkan air dari permukaan ke dasar laut atau sebaliknya. Hal ini dimungkinkan karena adanya perbedaan densitas lapisan - lapisan air. Bila suhu lapisan air permukaan lebih rendah dari suhu lapisan air di bawahnya akan mengakibatkan lapisan air permukaan yang berdensitas lebih tinggi tenggelam dan lapisan air yang lebih rendah akan terangkat naik ke permukaan. Hal ini mampu mengangkat nutrien yang terendap pada kedalaman tertentu di dasar perairan ke permukaan sehingga mampu dimanfaatkan oleh organisme permukaan terutama fitoplankton (Koesoebiono, 1981).

### 2.3.3 Salinitas

Salinitas merupakan ukuran bagi jumlah berbagai zat padat yang larut dalam suatu satuan volume air dan dinyatakan dalam ‰ (permil). Salinitas didefinisikan sebagai jumlah seluruh zat yang larut dalam satu kilogram air laut dengan anggapan bahwa seluruh karbonat telah dirubah menjadi oksida, semua bromida dan iodida diganti dengan klorida dan semua zat organik mengalami oksidasi sempurna (Koesoebiono, 1981). Nybakken (1992) mendefinisikan salinitas sebagai garam-garam terlarut dalam satu kilogram air laut dan dinyatakan dalam satuan per seribu. Nontji (1993) menambahkan bahwa dalam air laut terlarut berbagai macam garam terutama natrium klorida, dan selain itu terdapat magnesium, kalium dan sebagainya.

Sebaran salinitas di laut umumnya dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai. Perairan dengan tingkat

faktor-faktor yang lain, seperti *run-off* dari sungai, hujan, evaporasi, dan sirkulasi massa air dapat mengakibatkan distribusi salinitas menjadi sangat bervariasi.

Variasi salinitas air laut dapat mempengaruhi organisme bahari lewat perubahan dalam berat jenis air laut dan lewat perubahan dalam tekanan osmotik. Di perairan samudra fluktuasi berat jenis maupun fluktuasi salinitas demikian kecilnya sehingga dapat dianggap tidak berpengaruh terhadap penyebaran organisme suatu spesies tertentu (Koeobiono, 1981)

Salinitas merupakan salah satu parameter perairan yang berpengaruh pada fitoplankton. Variasi salinitas mempengaruhi laju fotosintesis, terutama di daerah estuaria khususnya pada fitoplankton yang hanya bisa bertahan pada batasan salinitas yang kecil (*stenohalin*) (Kaswadi *dkk.* 1993). Sachlan (1982) mengatakan salinitas yang sesuai dengan kebutuhan fitoplankton adalah di atas 20 ‰. Pada kondisi seperti ini biasanya ditemukan plankton laut. Salinitas seperti ini memungkinkan fitoplankton dapat bertahan hidup dan memperbanyak diri disamping aktif melaksanakan fotosintesis.

#### 2.3.4 Kekeruhan

Wardoyo (1981) mendefinisikan kekeruhan sebagai suatu ukuran biasan cahaya di dalam air yang disebabkan oleh adanya partikel koloid dan suspensi dari suatu polutan yang terkandung dalam air. Adanya warna air umumnya disebabkan oleh senyawa-senyawa organisme nabatai seperti tanin, asam humus, gambut, plankton dan tanaman air. Odum (1971) mengatakan bahwa kekeruhan menyebabkan penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan terhambat yang mengakibatkan proses

fotosintesis juga terhambat. Perairan yang tinggi kandungan zat tersuspensinya akan sangat susah ditembus oleh sinar matahari, bahkan hal ini akan menyebabkan terjadinya pemberaian, pemantulan dan absorpsi cahaya sehingga cahaya yang masuk ke badan air menjadi sangat terbatas. Perairan pantai memiliki tingkat kekeruhan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan perairan lepas pantai, hal ini disebabkan karena adanya proses turbulensi yang mengangkat sedimen-sedimen terendapkan ke permukaan. Nybakken (1992) menyatakan bahwa kekeruhan maksimum terdapat pada perairan estuaria karena banyaknya input partikel – partikel dari daratan dan adanya pengadukan yang tinggi. Di perairan estuaria didapatkan jenis fitoplankton tertentu yang mampu bertahan hidup. Tingginya kekeruhan yang diakibatkan oleh zat-zat tersuspensi dalam kolom air sangat mempengaruhi dalam penyebaran fitoplankton baik secara vertikal maupun penyebaran secara horizontal.

### 2.3.5 Kedalaman

Kedalaman perairan mempunyai hubungan yang erat terhadap stratifikasi suhu vertikal, penetrasi cahaya, densitas dan kandungan DO serta zat-zat hara. Kedalaman perairan memberikan pengaruh terhadap karakteristik kimia fisika perairan sehingga secara tidak langsung memberikan pengaruh terhadap keanekaragaman biota dalam suatu perairan sesuai dengan kondisi perairan (Nontji, 1993).

Hatta (2002) mengatakan bahwa bertambahnya kedalaman perairan akan memberikan pengaruh terhadap penurunan intensitas cahaya yang masuk ke dalam perairan sehingga menyebabkan adanya perbedaan kandungan fitoplankton pada tiap

lapisan perairan. Jarak antara permukaan perairan dengan dasar perairan merupakan nilai kedalaman perairan. Dinamika perubahan nilai kedalaman perairan senantiasa ada akibat adanya gerak kontinyu perairan yang disebabkan oleh gerakan pasang surut. Nilai kedalaman ini berubah secara periodik, pada kisaran nilai pasang surut tertinggi dengan surut terendah terjadi perubahan kedalaman, nilai kedalaman akan sangat kecil pada saat terjadi surut terendah dan sebaliknya akan mengalami peningkatan kedalaman pada saat pasang tertinggi (Tubalawony, 2002).

Sebaran fitoplankton bahari sangat dipengaruhi oleh kedalaman yakni dimana pada kedalaman tertentu yang sudah tidak ada cahaya tidak akan ditemukan fitoplankton, faktor kedalaman juga menyebabkan adanya kerapatan massa jenis air sehingga untuk organisme planktonik sangat susah menembus lapisan tersebut

#### 2.3.6 Oksigen Terlarut (DO)

Sumber utama oksigen dalam air laut adalah dari udara melalui proses difusi dan dari hasil proses fotosintesis fitoplankton pada siang hari. Wardoyo (1981) mengatakan bahwa DO merupakan kandungan oksigen yang larut dalam air. Oksigen air laut berada dalam dua bentuk senyawa yaitu terikat dengan unsur lain ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CO}_3$ ) dan sebagai molekul bebas ( $\text{O}_2$ ). Molekul bebas  $\text{O}_2$  yang terdapat dalam air terlarut secara fisika sehingga pelarutnya sangat dipengaruhi oleh suhu air.

Oksigen terlarut (DO) dibutuhkan oleh organisme perairan melalui respirasi untuk pertumbuhan reproduksi dan kesuburan. Oksigen di perairan bersumber dari difusi udara, fotosintesis fitoplankton dan tumbuhan air lainnya, air hujan dan air

permukaan yang masuk, sehingga tinggi rendahnya DO dalam air banyak bergantung pada kondisi gelombang, suhu, salinitas dan tekanan parsial gas-gas dalam air. Faktor-faktor yang dapat menurunkan kadar oksigen terlarut dalam air laut adalah kenaikan suhu, respirasi (khususnya malam hari) adanya lapisan minyak di permukaan laut dan masuknya bahan organik yang mudah urai ke dalam laut. Diantara faktor-faktor tersebut masuknya bahan organik yang mudah urai merupakan faktor utama (Odum, 1971). Kandungan oksigen terlarut dalam perairan dapat menunjukkan tinggi rendahnya produktivitas primer perairan. Meningkatnya DO pada lapisan permukaan diwaktu siang hari dibantu oleh pelepasan oksigen tumbuhan laut (fitoplankton dan fitobenthos) sebagai hasil proses fotosintesis (Welch, 1980). Dengan bertambahnya kedalaman fotosintesis akan semakin kurang efektif, maka akan terjadi penurunan konsentrasi oksigen sehingga diperoleh suatu kedalaman yang disebut *compensation depth* yaitu kedalaman dimana oksigen yang dihasilkan melalui fotosintesis sebanding dengan oksigen yang dibutuhkan untuk respirasi (Hutabarat dan Evans, 1985).

### 2.3.7 Derajat Keasaman (pH)

Pescod (1973) mengatakan bahwa pH merupakan salah satu parameter dalam menentukan kualitas air. Besar kecilnya nilai pH dipengaruhi oleh beberapa factor antara lain aktivitas biologis seperti fotosintesis dan respirasi organisme. Keberadaan zat hara di perairan laut secara tidak langsung dapat dipengaruhi oleh perubahan pH, jika nilai pH laut bersifat asam berarti kandungan oksigen terlarut di laut akan rendah, hal ini berdampak terhadap aktivitas mikroorganisme dalam proses

dekomposisi bahan organik. Saeni (1989) mengatakan bahwa nilai pH merupakan hasil pengukuran konsentrasi ion dalam larutan dan menunjukkan keseimbangan antara asam dan basa. Adanya karbonat hidroksida dan bikarbonat akan meningkatkan kebasaan air, sementara adanya asam mineral bebas dan asam bikarbonat meningkatkan keasaman perairan. Sedangkan Wardoyo (1981) mengatakan bahwa pH merupakan hasil pengukuran konsentrasi ion hidrogen dalam larutan dan menunjukkan keseimbangan antara asam dan basa air dalam reaksinya.

Derajat keasaman (pH) mempunyai pengaruh terhadap kehidupan tumbuhan dan hewan air sehingga sering dipergunakan sebagai petunjuk untuk menyatakan baik atau buruknya suatu perairan. Menurut Pescod (1973), pH merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menentukan produktivitas perairan, pH yang ideal untuk kehidupan fitoplanton dalam perairan adalah 6,5-8,0. Setiap organisme mempunyai daya toleransi yang berbeda-beda terhadap nilai pH. Pada perairan yang berkondisi asam dengan pH kurang dari 6, fitoplankton tidak akan ditemukan hidup dengan baik (Tambaru, 2000). Wardoyo (1981) menambahkan bahwa pH sangat mempengaruhi kehidupan makhluk hidup termasuk didalamnya fitoplankton. Perairan dengan pH lebih kecil dari 4 merupakan perairan yang sangat asam dapat menyebabkan kematian makhluk hidup, sedangkan perairan dengan pH lebih dari 9,5 merupakan perairan yang sangat basa dan dapat pula menyebabkan kematian serta mengurangi produktivitas perairan.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai September 2003 berlokasi di Perairan Pulau Barrang Lompo Kota Makassar. Sedangkan analisis sampel dilakukan di Laboratorium Kimia Oseanografi Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin Makassar

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagaimana disajikan pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Alat dan kegunaan serta metode yang digunakan dalam penelitian

No	Alat	Kegunaan
1	Kompas	Menentukan arah
2	Perahu motor	Sarana angkut penelitian
3	Layang-layang arus, stopwatch	Mengukur kecepatan arus
4	Tali, batu duga	Mengukur kedalaman
5	Plankton net No. 25 nm	Menyaring sampel air
6	Handrefraktometer	Mengukur salinitas
7	Turbidity meter	Mengukur kekeruhan
8	Termometer	Mengukur suhu
9	pH meter	Mengukur pH
10	GPS	Penentuan posisi
11	Ember 10 liter	Menampung sampel air
12	Botol gelap dan terang	Menampung sampel klorofil dan sampel DO
13	Cool box	Tempat pengawetan
14	Cammerer water sampler	Mengambil sample air
15	Metode Winkler	Analisis sampel DO
16	Metode Asam Askorbik	Analisis sampel fosfat
17	Metode Brucine	Analisis sampel nitrat
18	Metode Sulfanilamide	Analisis sampel nitrit
19	Metode Spektrofotometric	Analisis sampel amoniak
20	Metode Aseton	Analisis sampel klorofil

**Tabel 2.** Bahan-bahan yang digunakan berdasarkan analisis jenis sampel

Nama bahan	Analisis Sampel
MnCl <sub>2</sub> Alkaliyodida Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5H <sub>2</sub> O Indikator amilum	Dissolved oksigen (DO)
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Larutan Brucine Sulfat	Nitrat
Sulfanilamide Larutan NED	Nitrit
Phenol 4% Natrium nitropruside Larutan alkali	Amoniak
Asam askorbik Larutan H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Fosfat
Aseton 90% Kertas saring selulosa MgCO <sub>3</sub>	Klorofil

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Tahap persiapan

Tahap persiapan meliputi studi literatur dan survei lapangan. Studi literatur bertujuan untuk memperdalam pemahaman tentang materi penelitian yang akan dilakukan, sedangkan survei lapangan bertujuan untuk melihat kondisi ril rencana lokasi penelitian sehingga memudahkan dalam penentuan titik-titik stasiun dan analisis faktor fisik dan nonfisik yang bisa mendukung maupun menghambat pelaksanaan penelitian

#### 3.3.2 Penentuan Stasiun

Berdasarkan hasil survei maka ditentukan 2 titik Stasiun yakni Stasiun A dengan posisi 05°3'00'' – 05°02'9,78'' Lintang Selatan dan 119°20'00''-119°19'5,93''

Bujur Timur (sebelah barat pulau Pulau Barrang Lompo) dan Stasiun B pada posisi  $05^{\circ}02'4,50''$ - $05^{\circ}3,34'00''$  Lintang Selatan dan  $119^{\circ}19'5,93''$ - $119^{\circ}20,3'00''$  Bujur Timur (sebelah timur pulau Barrang Lompo). Titik stasiun kemudian dibagi ke dalam lima kedalaman secara vertikal yakni kedalaman 0 m, 5 m, 10 m, 15 m dan kedalaman 20 m.

### 3.3.3 Tahap Pengambilan Sampel

#### 1) Suhu

Pengukuran suhu dilakukan di lokasi penelitian dengan menggunakan termometer yang dipasang di dalam *cammerer water sampler*. *Cammerer water sampler* diturunkan pada masing-masing kedalaman titik stasiun. Skala termometer yang terbaca pada saat sampel air sampai dipermukaan dicatat sebagai nilai suhu pada kedalaman tersebut.

#### 2) Kecepatan Arus

Kecepatan arus diukur dengan *drift float* (layang-layang arus) yang dilengkapi dengan tali berskala 15 m. Layang-layang arus dilepas ke perairan bersamaan dengan diaktifkannya *stop watch*. Ketika tali menegang layang-layang arus ditarik dan *stop watch* dimatikan. Jarak dan waktu sampai tali menegang dicatat. Penentuan kecepatan arus dihitung dengan rumus seperti yang dikemukakan oleh Alam, 2003.

$$V = S/T$$

Dimana

- V= kecepatan arus
- S= Jarak tempuh
- T= waktu tempuh

### 3) Salinitas

Pengukuran salinitas dilakukan menggunakan *handrefractometer* dengan cara meneteskan sampel air yang diambil pada masing-masing kedalaman stasisun di permukaan kaca objek *handrefractometer*, skala yang ditunjukkan oleh *handrefractometer* dibaca lewat lensa optik, nilai yang ditunjukkan skala *handrefractometer* dicatat sebagai nilai salinitas terukur

### 4) Kedalaman

Pengukuran kedalaman dilakukan dengan batu duga yang dilengkapi dengan tali berskala. Batu duga diturunkan sampai ke dasar perairan, kemudian panjang tali yang masuk ke dalam perairan dicatat.

### 5) Sampel air

Semua sampel air diambil berdasarkan pembagian kedalaman stasiun dengan menggunakan *cammerer water sampler*, kemudian dimasukkan kedalam botol/wadah yang telah dipersiapkan untuk masing-masing jenis sampel. Khusus sampel DO, untuk menghindari terjadinya gelembung udara pada saat pemindahan dari *cammerer* digunakan bantuan selang kecil. Sampel nitrat, nitrit, amoniak dan fosfat dimasukkan ke dalam botol dengan cara disaring menggunakan plankton net No. 25 nm. Hal ini untuk menghindari penyimpangan nilai akibat adanya konsumsi oleh fitoplankton yang terbawa masuk ke dalam botol sampel. Setelah semua sampel dimasukkan ke dalam botol, kemudian diawetkan di dalam *cool box* sampai dilakukan analisis laboratorium.



### 3.3.4 Tahap analisis laboratorium

Analisis laboratorium dilakukan dengan metode yang berbeda-beda untuk masing-masing jenis sampel. Sampel nitrat dianalisis dengan metode Brucine, nitrit dianalisis dengan metode Sulfanilamide, amoniak metode *Spectrofotometric*, fosfat dengan metode Asam Askorbik, dan sampel klorofil dianalisis dengan metode Aseton *Spectrofotometric*. Analisis klorofil sebagai parameter utama dengan metode Aseton *Spectrofotometric* beracuan pada APHA 1989, dengan prosedur analisis sebagai berikut:

1. Menyaring 100 ml sampel air laut dengan menggunakan *filter holder* yang dilengkapi kertas saring selulosa kemudian dihubungkan dengan *vacum pump*
2. Menambahkan 3-5 tetes  $MgCO_3$  pada hasil saringan pada kertas saring
3. Kertas saring dibiarkan kering kemudian disimpan atau diekstraksi
4. Menempatkan hasil saring pada gelas piala kemudian menambahkan 15 ml acetone 90%, dikocok, kemudian disimpan selama satu malam/24 jam pada *refrigerator*
5. Hasil saringan dimasukkan pada tabung *centrifuge*, dicentrifuge pada suhu kamar selama 5-10 menit. Selanjutnya dimasukkan pada *cuvette* dan diukur absorpsinya pada panjang gelombang 664, 647, 630 nm.

#### Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Klorofil a (Ca)} &= 11.85 E_{664} - 1.54E_{647} - 0.08E_{630} \\ \text{Klorofil b (Cb)} &= 21.03 E_{664} - 5.43 E_{647} - 0.08 E_{630} \\ \text{Klorofil c (Cc)} &= 24.52 E_{664} - 1.67 E_{647} - 0.08E_{630} \\ \text{mg/ml Klorofil} &= CxVa/Vx10 \end{aligned}$$

Dimana:  $V_a$  = Volume Aseton  
 $V$  = Volume air contoh  
 $C = C_a + C_b + C_c$

### *3.4 Analisis data*

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kemudian disajikan dalam bentuk gambar dan tabel.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Klorofil

Kemampuan potensial suatu perairan untuk menghasilkan sumberdaya alam hayati ditentukan oleh kandungan produktivitas primernya, yakni banyaknya zat-zat organik yang dapat dihasilkan dari zat-zat anorganik melalui kegiatan fotosintesis tumbuhan berklorofil. Klorofil merupakan zat hijau daun yang dikandung oleh hampir semua jenis tumbuhan laut.

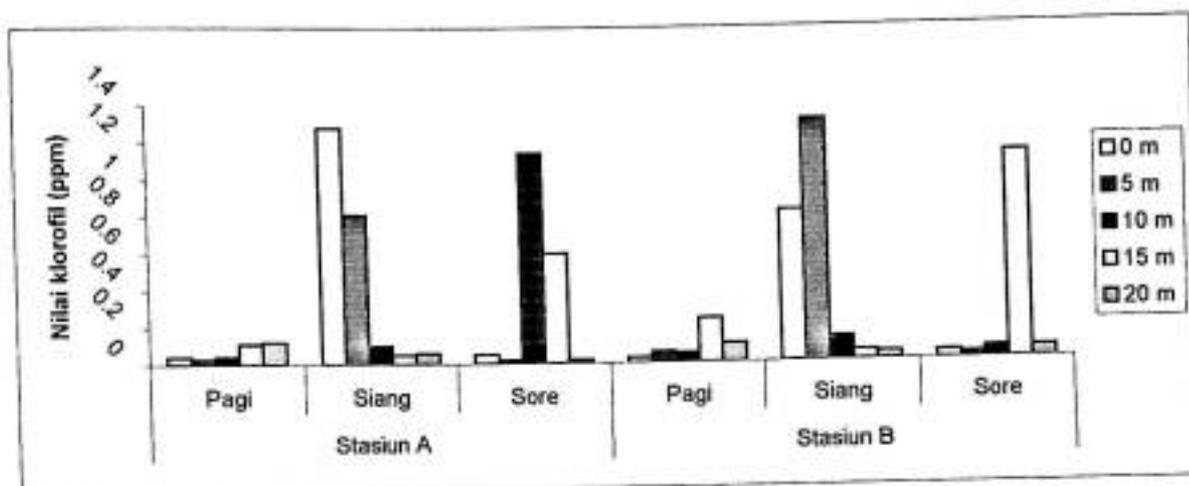
Dari hasil pengukuran kandungan nilai klorofil pada lokasi penelitian memperlihatkan adanya perbedaan nilai dan posisi klorofil antara satu waktu pengukuran dengan lainnya pada kedua stasiun penelitian. Hal tersebut sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah berikut.

**Tabel 3.** Nilai Rata-rata Hasil Pengukuran Klorofil Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran

Stasiun	Kedalaman (m)	Klorofil (ppm)					
		Waktu sampling					
		Pagi hari	Pukul (Wita)	Siang hari	Pukul (Wita)	Sore hari	Pukul (Wita)
A	0	0.04		1.28		0.02	
	5	0.03		0.81		0.02	
	10	0.04	7.00-8.30	0.10	11.46-13.09	1.14	16.02-17.00
	15	0.11		0.05		0.60	
	20	0.12		0.06		0.02	
B	0	0.03		0.82		0.04	
	5	0.06		1.31		0.03	
	10	0.05	8.32-9.45	0.13	13.11-14.15	0.06	17.03-18.00
	15	0.24		0.05		1.12	
	20	0.10		0.04		0.06	

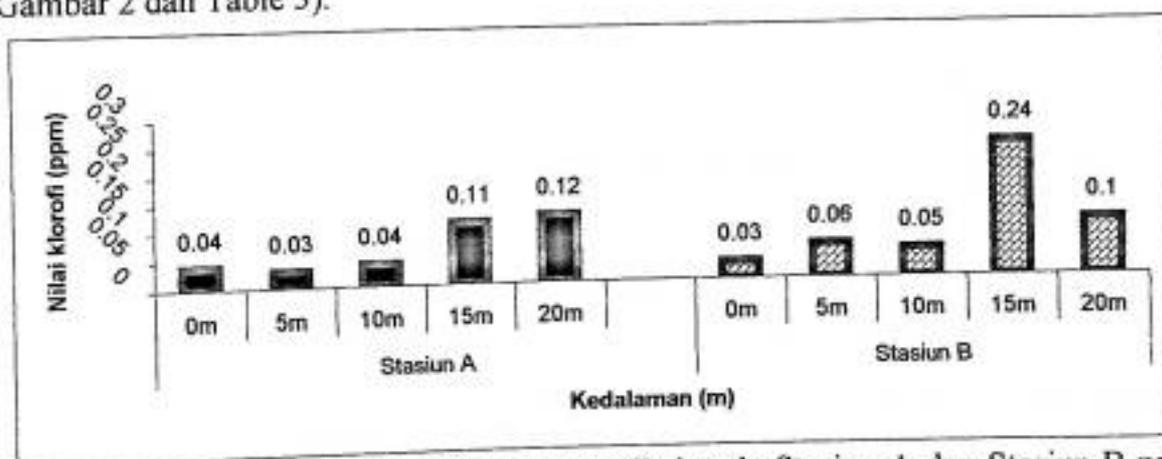
Jika data pada Tabel 3 disajikan dalam bentuk histogram maka akan didapatkan model histogram sebagaimana terlihat dibawah berikut:

9/5:30  
30



Gambar 1. Profil sebaran Korofil secara vertikal pada Stasiun A dan Stasiun B di perairan Pulau Barrang Lompo pada berbagai waktu pengukuran

Dari hasil pengukuran klorofil pada Stasiun A pagi didapatkan nilai klorofil maksimum sebesar 0,12 ppm pada kedalaman 20 m. Pengukuran pada Stasiun B pagi hari didapatkan nilai klorofil maksimum 0,24 ppm pada kedalaman 15 meter (Gambar 2 dan Table 3).



Gambar 2. Profil sebaran Korofil secara vertikal pada Stasiun A dan Stasiun B pagi hari di perairan Pulau Barrang Lompo

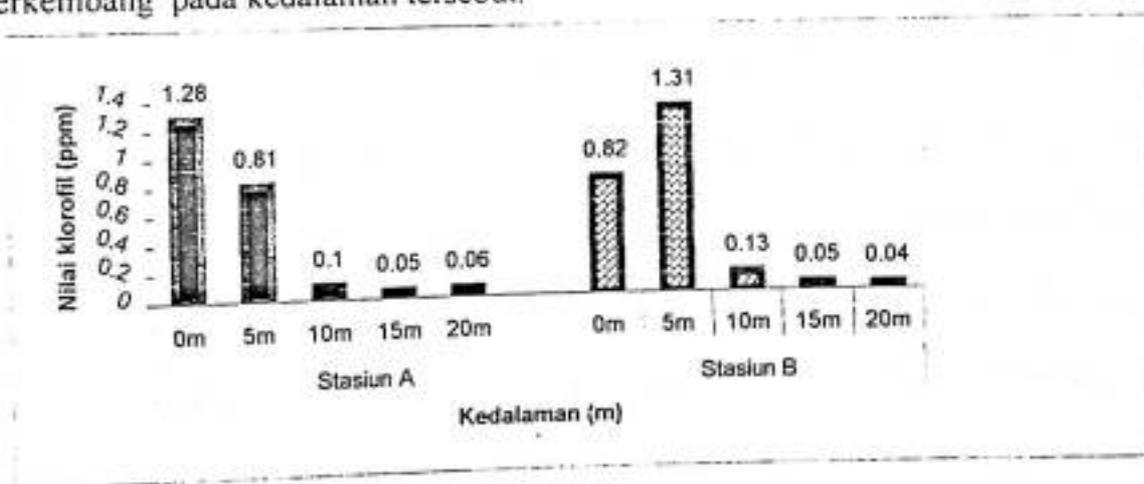
Dari data tersebut diatas terlihat ada perbedaan posisi dan nilai klorofil maksimum terukur antara Stasiun A dan Stasiun B. Hal ini kemungkinan disebabkan karena pada waktu pengukuran (sampling) pada kedua stasiun tersebut ada selisih

waktu. Sampling pada Stasiun A pagi hari dilakukan pada pukul 7.00 wita, sudut datang cahaya matahari pada waktu sampling masih sangat kecil, sehingga albedo (cahaya yang dipantulkan) akan sangat besar, hal ini diindikasikan dengan hasil pengukuran suhu perairan yang masih sangat rendah. Dalam kondisi cahaya seperti ini belum mampu memicu pertumbuhan dan merangsang pergerakan fitoplankton kelapisan perairan yang lebih atas. Tambaru (2000) mengatakan bahwa selama kondisi cahaya matahari tidak ada (malam hari) kebanyakan fitoplankton berada di dasar perairan menenggelamkan diri. Ketika cahaya matahari muncul konsentrasi mereka akan tetap didapat berada di sekitar permukaan dasar perairan sambil bermigrasi perlahan menyesuaikan diri dengan kondisi cahaya yang ada.

Dalam bermigrasi baik vertikal kebawah maupun ke atas fitoplankton tidak melakukan secara spontan, tetapi dilakukan secara perlahan disesuaikan dengan intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam perairan, proses penyesuaian inilah yang kemungkinan sedang terjadi ketika sampling dilakukan pada Stasiun A pagi hari sehingga nilai klorofil maksimum masih didapat berada di dasar perairan.

Sedangkan hasil pengukuran pada Stasiun B pagi hari posisi klorofil maksimum didapatkan berada pada lapisan perairan yang lebih atas yakni pada kedalaman 15 m dengan nilai lebih tinggi dibanding nilai pengukuran pada Stasiun A. Hal ini disebabkan pada waktu sampling (pukul 8.32 wita) sudut datang cahaya matahari cukup besar sehingga albedo yang dihasilkan lebih kecil, ini diindikasikan dengan suhu perairan yang lebih tinggi dibanding hasil pengukuran pada Stasiun A. Perubahan nilai dan posisi disebabkan karena selama terjadi pergeseran posisi

matahari proses migrasi vertikal ke atas fitoplankton terus berlangsung sebagaimana yang dikemukakan Basmi (1995), yang mengatakan bahwa proses migrasi vertikal fitoplankton merupakan suatu fungsi linear dari intensitas cahaya matahari yang masuk ke perairan. Selama melakukan migrasi diperkirakan telah terjadi pembelahan sel-sel fitoplankton sehingga nilai klorofil yang didapatkan pada Stasiun B lebih tinggi dibanding hasil pengukuran pada Stasiun A. Basmi (1995) menambahkan bahwa dalam proses migrasi baik vertikal (keatas dan kebawah) maupun horizontal populasi fitoplankton dapat mengalami peningkatan dan penurunan jumlah tergantung dari proses pembelahan yang dilakukan dan tingkat *grazing* oleh zooplankton. Data parameter fisika-kimia oseanografi pendukung menunjukkan batasan-batasan nilai yang mendukung keberadaan fitoplankton untuk tumbuh dan berkembang pada kedalaman tersebut.



Gambar 3. Profil sebaran Klorofil secara vertikal pada Stasin A dan Stasiun B siang hari di Perairan Pulau Barrang Lompo

Pengukuran pada Stasiun A siang hari didapatkan posisi klorofil maksimum berada pada kedalaman 0 m dengan nilai 1,28 ppm. Sedangkan pengukuran pada

Stasiun B siang hari didapatkan posisi klorofil maksimum pada kedalaman 5 m dengan nilai 1,31 ppm (Gambar 2 dan Tabel 3).

Posisi klorofil maksimum pada pengukuran Stasiun A siang hari (pukul 11.46 wita) didapatkan berada pada kedalaman 0 m, hal ini kemungkinan disebabkan cahaya matahari yang masuk ke perairan pada saat pengukuran (sampling) sedang dalam kondisi optimum untuk pertumbuhan fitoplankton. Posisi matahari pada saat pengukuran berada pada posisi hampir tegak lurus dengan permukaan perairan (hampir membentuk sudut  $90^\circ$ ). Kosoebiono (1981) mengatakan bahwa pada kondisi sudut datang cahaya matahari  $90^\circ$  akan terjadi penetrasi cahaya maksimum ke dalam perairan. Hal ini menunjukkan bahwa sebelum memenuhi kondisi cahaya maksimum merupakan kondisi cahaya optimum bagi pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton. Suhu merupakan fungsi intensitas cahaya. Jika intensitas cahaya matahari yang masuk keperairan tinggi, maka dalam kondisi normal akan menaikkan suhu perairan. Dari hasil pengukuran suhu didapatkan nilai suhu  $30,00^\circ\text{C}$ . Nilai suhu terukur memperlihatkan nilai suhu optimum untuk pertumbuhan fitoplankton. Kondisi optimum ini yang merangsang pergerakan fitoplankton ke permukaan perairan dan terkonsentrasi pada kedalaman 0 m. Kaswadji *et al.* (1993) mengatakan bahwa suhu yang baik untuk pertumbuhan fitoplankton adalah antara  $20 - 30^\circ\text{C}$ . Parsons *et al.* (1984) menambahkan bahwa suhu yang optimum untuk pertumbuhan fitoplankton adalah antara  $25 - 30^\circ\text{C}$ .

Hasil pengukuran pada Stasiun B (pukul 13.11 wita) memperlihatkan posisi klorofil maksimum turun kelapisan yang lebih dalam yakni pada kedalaman 5 m. Hal

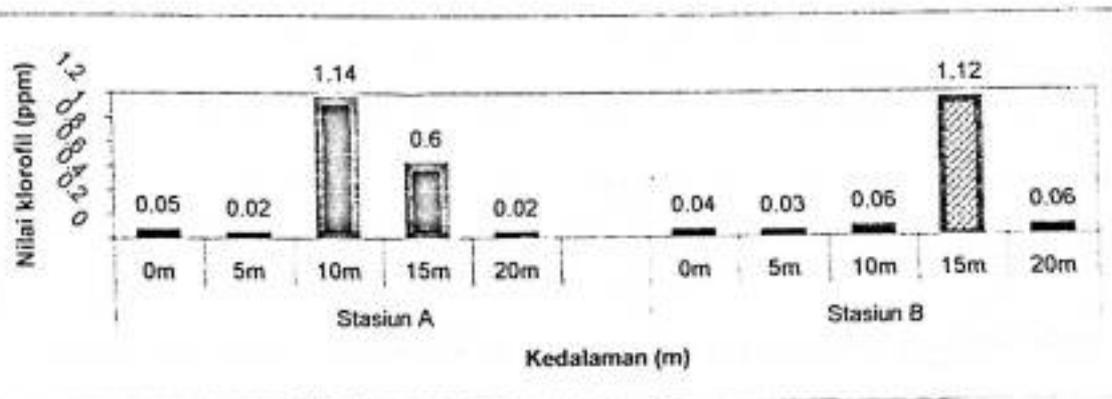
ini kemungkinan disebabkan oleh intensitas cahaya matahari yang masuk ke perairan lebih tinggi dari ambang toleransi maksimum fitoplankton sehingga menjadi faktor penghambat pertumbuhan, akibatnya fitoplankton lebih cenderung untuk bergerak turun ke posisi dimana kondisi cahaya lebih sesuai untuk pertumbuhannya.

Nybakken (1992) mengatakan bahwa pada tingkat intensitas cahaya yang sedang laju fotosintesis fitoplankton merupakan fungsi linear dari intensitas cahaya. Namun pada permukaan perairan dimana intensitas cahaya tertinggi kebanyakan spesies fitoplankton menunjukkan bahwa fotosintesis dipertahankan pada tingkat kedalaman tertentu dan cenderung bergerak turun disebabkan oleh hambatan intensitas cahaya yang tinggi. Sedangkan Basmi (1995), mengatakan bahwa pada intensitas sinar yang sangat tinggi fotosintesis fitoplankton pada bagian permukaan akan terhenti. Koesoebiono (1981), menambahkan bahwa spesies diatom pada radiasi matahari yang tinggi akan mengalami kematian.

Data parameter pendukung utama yakni unsur hara nitrat dan fosfat pada sampling siang hari pada Stasiun A dan B rata-rata menunjukkan nilai yang lebih rendah pada kedalaman 0 m dan 5 m kedua Stasiun tersebut, tetapi tidak sampai mencapai ambang batas terendah untuk keperluan pertumbuhan fitoplankton. Kondisi ini kemungkinan disebabkan karena adanya faktor konsumsi yang dilakukan oleh fitoplankton.

Boyd (1979) mengatakan bahwa kisaran nitrat terendah untuk pertumbuhan alga (fitoplankton) adalah 0,1 mg/l. Nybakken (1992) menambahkan bahwa zat hara

anorganik utama yang diperlukan fitoplankton untuk tumbuh dan berkembang biak adalah nitrogen (dalam bentuk nitrat) dan fosfor (dalam bentuk fosfat)



Gambar 4. Profil sebaran Klorofil secara vertikal pada Stasiun A dan Stasiun B sore hari di Perairan Pulau Barrang Lompo

Pengukuran pada Stasiun A sore hari didapatkan nilai klorofil maksimum 1,14 ppm pada kedalaman 15 m. Pada Stasiun B sore hari didapatkan hasil pengukuran klorofil maksimum pada kedalaman 15 m dengan nilai 1,12 ppm (Gambar 3 Tabel 3).

Hasil pengukuran pada Stasiun A sore hari (pukul 16.02) memperlihatkan bahwa posisi klorofil maksimum bergerak turun kelapisan yang lebih dalam yakni pada kedalaman 10 m. Begitupun hasil pengukuran pada Stasiun B (pukul 17.03), posisi klorofil maksimum didapatkan berada pada kedalaman 15 m. Terjadinya pergeseran posisi dan nilai klorofil maksimum yang cenderung turun kelapisan perairan yang lebih dalam pada kedua stasiun tersebut kemungkinan disebabkan oleh semakin menurunnya posisi matahari sehingga intensitas cahaya matahari yang masuk ke perairan semakin berkurang. Sumich (1992) mengatakan bahwa ketika sudut datang cahaya matahari semakin mengecil gelombang energi surya yang masuk

ke perairan akan semakin mengecil, hal ini berdampak terhadap perubahan aktifitas organisme perairan. Melemahnya cahaya matahari yang masuk ke perairan juga disebabkan karena perairan yang sedikit berombak pada waktu sampling, hal ini menyebabkan terjadinya perluasan bidang sentuh cahaya matahari dengan permukaan air laut sehingga pemantulan dan pembedaan cahaya akan semakin tinggi.

Perbedaan posisi dan nilai klorofil maksimum yang terukur antara Stasiun A dan B kemungkinan disebabkan karena adanya selisih waktu sampling, dengan demikian ada waktu dimana pengukuran tidak dilakukan secara bersamaan untuk tiap-tiap stasiun, sementara pada saat tersebut fitoplankton terus melakukan migrasi vertikal kebawah, sedangkan perbedaan nilai kemungkinan disebabkan adanya perbedaan jarak migrasi fitoplankton antara Stasiun A dan B sehingga laju *grazing* yang terjadi oleh zooplankton juga berbeda. Basmi (1995) mengatakan bahwa selama fitoplankton melakukan migrasi ke perairan yang lebih dalam, laju pertumbuhan lebih kecil dibanding laju pemangsaan (*grazing*).

Data parameter pendukung pada dua kedalaman stasiun tersebut menunjukkan nilai yang mendukung untuk keberadaan fitoplankton. Kandungan hara nitrat, nitrit, amoniak dan fosfat, memperlihatkan batasan-batasan nilai yang ideal untuk pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton. Demikian halnya parameter fisika - kimia oseanografi menunjukkan nilai yang mendukung untuk ditemukannya fitoplankton pada kedua kedalaman stasiun tersebut.



## Hara Perairan

Hara perairan merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan keberadaan organisme perairan baik hewani maupun nabati. Tingkat produktivitas perairan sangat bergantung dari daya dukung unsur hara perairan.

Dari hasil pengukuran unsur hara perairan pada lokasi penelitian memperlihatkan nilai yang ideal untuk menunjang keberadaan fitoplankton, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Nilai Rata-rata Hasil Pengukuran Nitrat, Nitrit, Amoniak dan Fosfat Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran

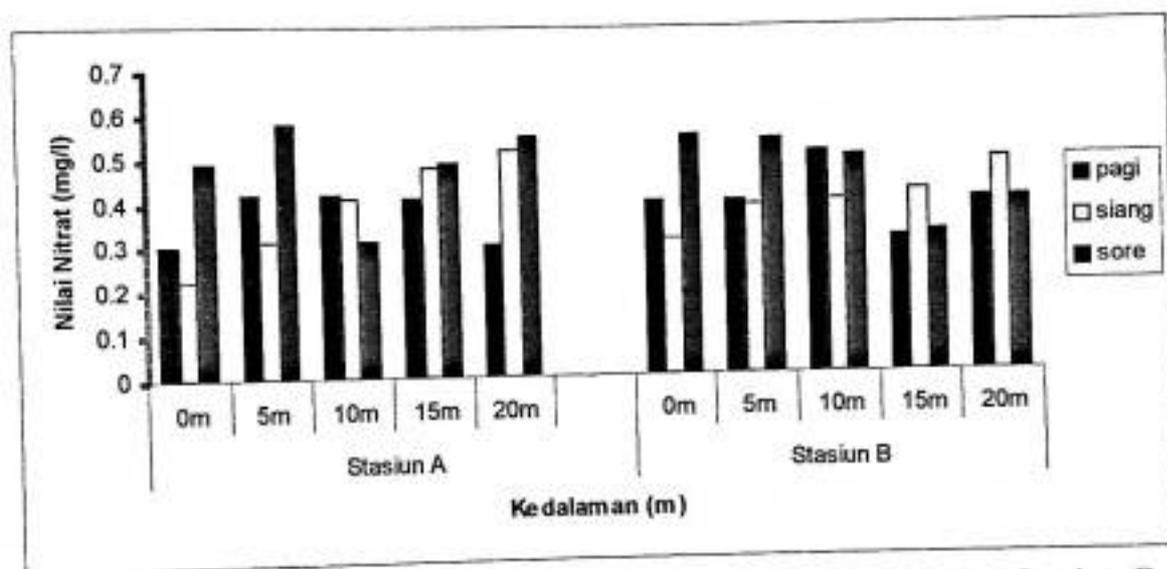
St	Kd	Parameter											
		Nitrat(mg/l)			Nitrit(mg/l)			Amoniak(mg/l)			Fosfat(ppm)		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	0	0.30	0.22	0.49	0.0073	0.0073	0.0046	0.04	0.02	0.06	0.51	0.33	0.45
	5	0.42	0.31	0.58	0.0040	0.0033	0.0070	0.05	0.05	0.05	0.33	0.51	0.59
	10	0.42	0.41	0.31	0.0050	0.0050	0.0066	0.05	0.06	0.04	0.45	0.48	0.32
	15	0.41	0.48	0.49	0.0013	0.0016	0.0026	0.04	0.08	0.02	0.42	0.51	0.43
	20	0.30	0.52	0.55	0.0016	0.0023	0.0010	0.06	0.06	0.05	0.28	0.59	0.40
B	0	0.40	0.31	0.55	0.0013	0.0050	0.0066	0.04	0.02	0.05	0.48	0.38	0.48
	5	0.40	0.39	0.54	0.0010	0.0040	0.0010	0.06	0.05	0.06	0.50	0.50	0.47
	10	0.51	0.40	0.50	0.0040	0.0063	0.0010	0.06	0.05	0.05	0.50	0.63	0.46
	15	0.31	0.42	0.32	0.0050	0.0020	0.0060	0.08	0.07	0.03	0.32	0.50	0.37
	20	0.40	0.49	0.40	0.0036	0.0020	0.0030	0.03	0.06	0.02	0.40	0.54	0.59

Ket: St : Stasiun  
 Kd : Kedalaman  
 1 : Sampling pagi hari  
 2 : Sampling siang hari  
 3 : Sampling sore hari

### 4.2.1 Nitrat

Dari hasil pengukuran didapatkan nilai nitrat rata-rata pada Stasiun A pagi hari antara 0,30- 0,42 mg/l, pada pengukuran siang hari didapatkan nilai nitrat rata-rata antara 0,22 - 0,52 mg/l, sedangkan pengukuran sore hari didapatkan nilai nitrat

rata-rata antara 0,31- 0,58 mg/l. Pengukuran pada Stasiun B pagi hari didapatkan nilai nitrat rata-rata antara 0,31- 0,51 mg/l, pada pengukuran siang hari didapatkan nilai nitrat rata-rata antara 0,31-0,49 mg/l, sedangkan pada pengukuran sore hari didapatkan nilai nitrat rata-rata antara 0,32- 0,55 mg/l. Dari keseluruhan nilai rata-rata hasil pengukuran didapatkan kisaran nilai antara 0,22 – 0, 58 mg/l (Gambar 5, Tabel 4, dan Lampiran 6).

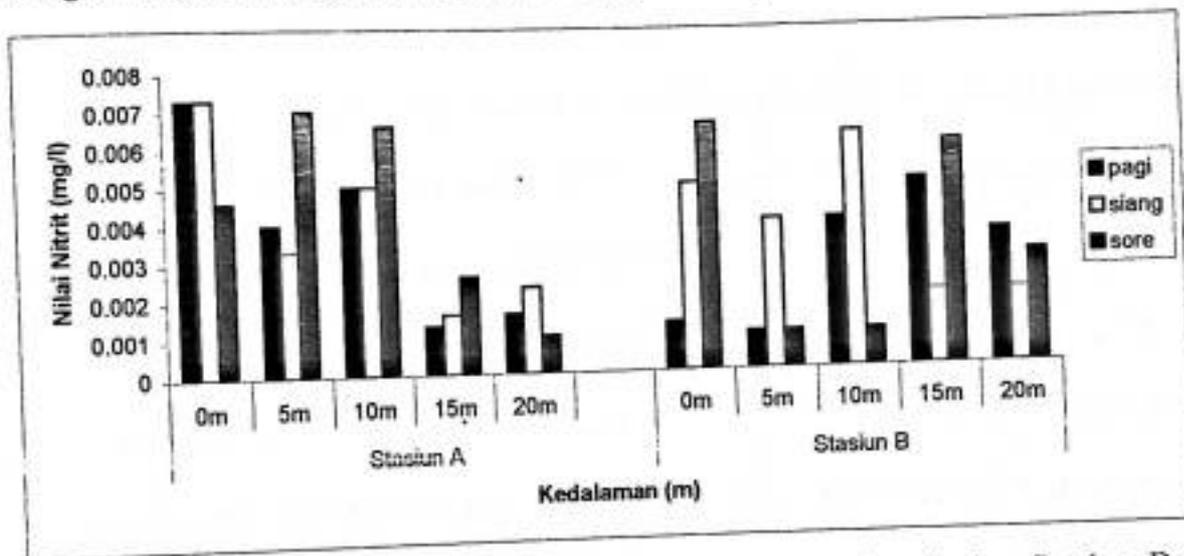


Gambar 5. Profil sebaran Nitrat secara vertikal pada Stasiun A dan Stasiun B di perairan Pulau Barrang Lompo pada berbagai waktu pengukuran

Hasil pengukuran tersebut di atas memperlihatkan bahwa lokasi penelitian memiliki nilai nitrat yang cukup tinggi sehingga sangat cocok untuk tumbuh dan berkembangnya fitoplankton. Boyd (1979) mengatakan bahwa kisaran nitrat terendah untuk pertumbuhan alga adalah 0,1 mg/l sedangkan batas tertingginya adalah 3 mg/l. Samawi (2000) menambahkan bahwa apabila kadar nitrat di bawah 0,1 atau di atas 3 mg/l maka nitrat telah menjadi faktor pembatas.

#### 4.2.2 Nitrit

Hasil pengukuran nitrit pada lokasi penelitian didapatkan kisaran kandungan nitrit secara keseluruhan pada Stasiun A antara 0,0010- 0,0073 mg/l, sedangkan pada Stasiun B antara 0,0010-0,0066 mg/l. Data tersebut jika disajikan dalam bentuk histogram maka akan diperoleh bentuk histogram sebagai berikut:



Gambar 6. Profil sebaran Nitrit secara vertikal pada Stasiun A dan Stasiun B di perairan Pulau Barrang Lompo pada berbagai waktu pengukuran

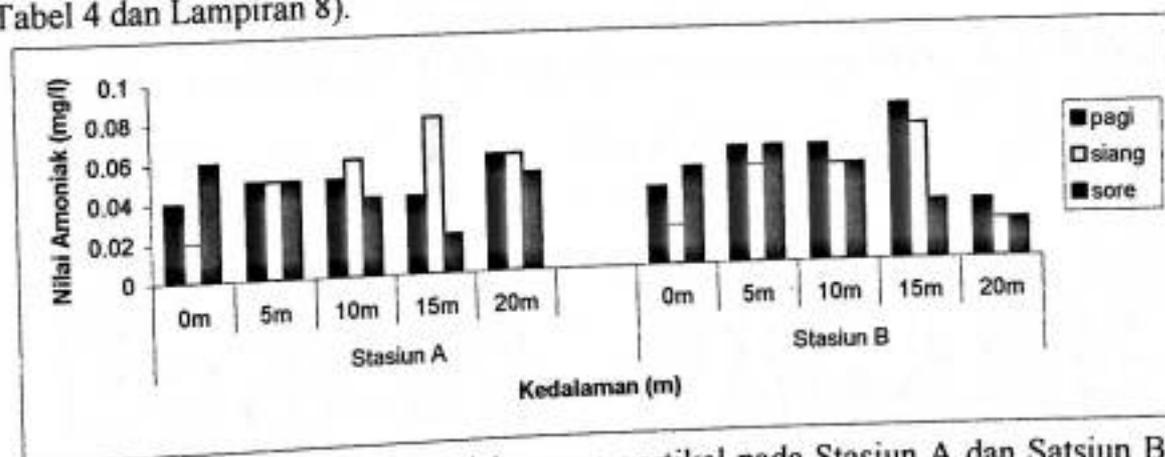
Dari hasil pengukuran tersebut diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa kandungan nitrit yang terbentuk pada lokasi penelitian sangat kecil. Hal ini kemungkinan disebabkan karena kandungan oksigen pada lokasi penelitian cukup tinggi sehingga kesetimbangan lebih cenderung bergerak ke nitrat. Senyawa nitrit merupakan persenyawaan nitrogen yang paling labil. Rendahnya nilai nitrit pada lokasi penelitian memungkinkan untuk tumbuh dan berkembangnya fitoplankton. Kadar nitrit di perairan alami sekitar 0,001 mg/l dan sebaliknya tak melebihi 0,06 g/l (Anonymous, 1987). Moore (1991) menambahkan bahwa kadar nitrit yang

melebihi 0,05 mg/l dapat bersifat sangat toksik bagi organisme perairan yang sensitif. Terbentuknya senyawa nitrit dalam perairan menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut perairan tersebut sangat rendah yakni mendekati kondisi anoksik

#### 4.2.3 Amoniak

Data hasil pengukuran amoniak menunjukkan bahwa kandungan amoniak terukur pada Stasiun A pagi hari adalah 0,04 - 0,06 mg/l, hasil pengukuran sore hari memperlihatkan nilai rata-rata antara 0,02 - 0,08 mg/l, dan hasil pengukuran sore hari menunjukkan nilai rata-rata antara 0,02 - 0,06 mg/l. Pengukuran pada Stasiun B pagi hari didapatkan kisaran nilai rata-rata antara 0,03 - 0,08 mg/l, pada pengukuran siang hari didapatkan nilai rata-rata antara 0,02 - 0,07 mg/l, sedangkan hasil pengukuran sore hari didapatkan nilai rata-rata antara 0,02 - 0,06 mg/l. (Gambar 3.

Tabel 4 dan Lampiran 8).



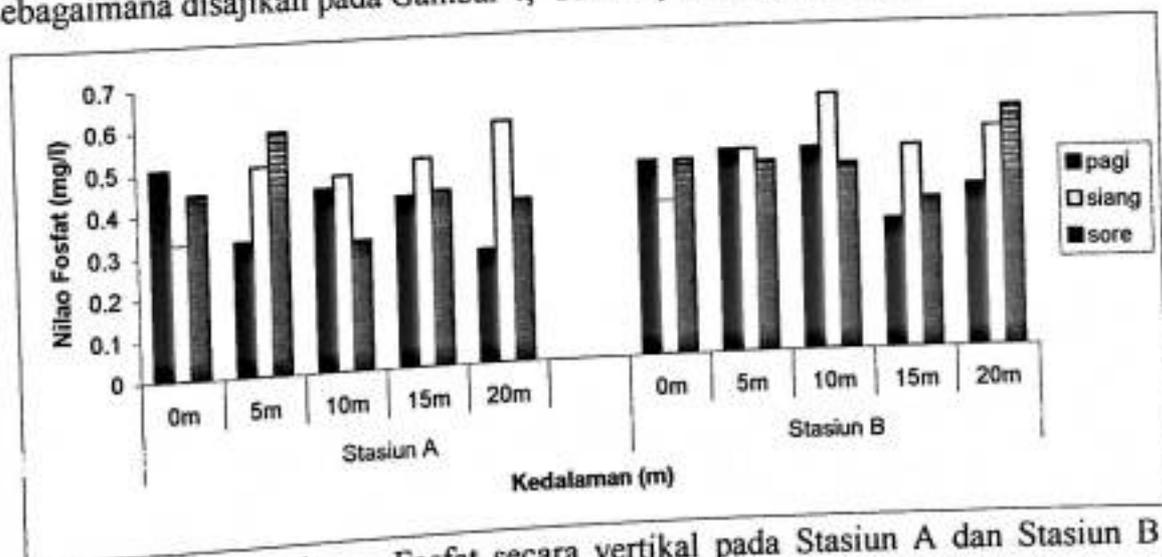
Gambar 7. Profil sebaran Amoniak secara vertikal pada Stasiun A dan Stasiun B di perairan Pulau Barrang Lompo pada berbagai waktu pengukuran

Dari data tersebut di atas terlihat bahwa kondisi lokasi penelitian cukup sesuai untuk pertumbuhan fitoplankton. Welch (1980) mengatakan bahwa di perairan

laut jika terdapat nitrat dan amoniak maka fitoplankton akan lebih cenderung menggunakan amoniak ketimbang nitrat karena lebih banyak dijumpai baik dalam kondisi aerobik maupun anaerobik. Alaerts dan Santika (1984) mengatakan bahwa kualitas air yang baik untuk kehidupan algae (fitoplankton) adalah perairan dengan kandungan amoniak kurang dari 0,5 ppm. Wardoyo (1981), menambahkan bahwa perairan yang baik bagi kehidupan biota laut adalah perairan dengan kadar amoniak kurang dari 1 mg/l.

#### 4.2.2 Fosfat

Dari hasil pengukuran didapatkan kisaran nilai rata-rata kandungan fosfat pada Stasiun A pagi hari antara 0,28 - 0,51 ppm, pengukuran siang hari didapatkan kisaran nilai fosfat rata-rata antara 0,33 - 0,59 ppm, dan pada pengukuran sore hari didapatkan kisaran nilai fosfat rata-rata antara 0,32 - 0,59 ppm. Untuk pengukuran pada Stasiun B pagi hari didapatkan nilai fosfat rata-rata antara 0,32 - 0,50 ppm, pada pengukuran siang hari didapatkan nilai fosfat rata-rata antara 0,38 - 0,63 ppm sebagaimana disajikan pada Gambar 4, Tabel 4, dan Lampiran 9.



Gambar 8. Profil sebaran Fosfat secara vertikal pada Stasiun A dan Stasiun B di perairan Pulau Barrang Lompo pada berbagai waktu pengukuran

Dari kedua stasisun penelitian terlihat bahwa nilai rata-rata fosfatnya cukup tinggi yakni rata-rata di atas 0,2 ppm, dari nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa lokasi penelitian memiliki nilai kandungan fosfat yang menunjang keberadaan fitoplankton.

Wardoyo (1981) mengatakan bahwa perairan dengan kadar fosfat lebih besar dari 0,2 ppm termasuk perairan yang sangat subur. Tambaru (2000) menambahkan bahwa kandungan fosfat yang optimum untuk pertumbuhan fitoplankton berkisar antara 0,09 – 1,80 ppm. Milerro and Sohn (1991) mengatakan bahwa ketersediaan unsur hara fosfat dalam perairan sangat berpengaruh terhadap peningkatan kandungan fitoplankton perairan.

### 4.3 Parameter Fisika – Kimia Oseanografi

Kondisi fisika-kimia perairan antara lain; suhu, salinitas, kekeruhan, oksigen terlarut, dan pH merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi distribusi klorofil dalam perairan laut. Dalam Tabel 5 disajikan nilai rata-rata hasil pengukuran beberapa faktor tersebut

**Tabel 5.** Nilai Rata-rata Hasil Pengukuran Parameter Fisika-Kimia Oseanografi Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran

ST	Ked (m)	Parameter														
		Suhu (°C)			Salinitas (‰)			Kekeruhan (NTU)			DO (ppm)			pH		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	0	28	30	30	30.66	32.33	30.33	0.48	0.52	0.60	6.96	7.06	6.31	7.68	7.60	7.72
	5	28	29	29	30.66	31.00	30.33	0.38	1.17	0.71	6.75	6.79	6.30	7.76	7.71	7.76
	10	27	28	28	30.66	31.33	31.66	0.28	1.27	1.66	6.47	6.24	5.99	7.75	7.75	7.75
	15	26	27	26	30.66	30.66	30.00	0.39	1.31	0.91	5.30	5.58	4.86	7.76	7.65	7.75
	20	25	26	25	31.66	32.33	32.66	0.33	0.72	0.43	5.38	4.88	5.12	7.76	7.75	7.76
B	0	29	30	29	30.33	32.00	31.33	0.50	0.53	0.34	6.19	6.95	6.96	7.73	7.13	7.80
	5	28	29	29	30.33	31.00	31.33	0.41	1.37	0.46	6.10	6.07	6.41	7.68	7.72	7.79
	10	27	28	27	30.00	29.66	31.00	0.40	1.24	0.55	6.17	6.04	5.90	7.86	7.80	7.75
	15	26	27	26	31.00	31.66	28.33	0.51	0.90	0.91	5.31	5.29	5.90	7.12	7.91	7.76
	20	25	26	25	31.66	32.66	32.00	0.52	0.62	0.57	4.79	4.75	4.82	7.76	7.25	7.71

Keterangan : Ked : Kedalaman  
 1 : Sampling pagi hari      2 : sampling sdiang hari  
 3 : sampling sore hari

#### 4.1.1 Suhu

Dari hasil pengukuran suhu pada Stasiun A pagi hari didapatkan kisaran nilai suhu rata-rata antara 25 - 28°C. Pengukuran siang hari didapatkan kisaran nilai suhu rata-rata antara 26 - 30°C, sedangkan pada pengukuran sore hari didapatkan kisaran nilai suhu rata-rata antara 25 - 30°C. Pengukuran pada Stasiun B pagi hari didapatkan kisaran nilai suhu rata-rata antara 25 - 29°C. Pada pengukuran siang hari didapatkan kisaran suhu rata-rata antara 26 - 30°C. Sedangkan pada pengukura sore hari didapatkan kisaran suhu rata-rata antara 25-29°C (Tabel 5 Lampiran 1).

Dari kisaran nilai suhu rata-rata yang terukur menunjukkan bahwa lokasi penelitian sangat memungkinkan untuk tumbuh dan berkembangnya fitoplankton. Lisu (1996) mengatakan bahwa suhu yang baik untuk pertumbuhan fitoplankton adalah antara 20-30°C. Sedangkan Parsons *et al.* (1998) mengatakan bahwa suhu optimum bagi perkembangan fitoplankton adalah 25 - 30°C

#### 4.1.2 Kecepatan Arus

Pengukuran kecepatan arus pada sampling pagi hari didapatkan nilai kecepatan arus rata-rata pada Stasiun A dan B adalah 0,12 m/dt. Pada pengukuran siang hari didapatkan kecepatan arus untuk Stasiun A adalah 0,27 m/dt dan Stasiun B 0,25 m/dt. Sedangkan pada pengukuran sore hari didapatkan kecepatan arus untuk kedua Stasiun tersebut adalah 0,27 m/dt .

Dari data arus tersebut dapat diketahui bahwa lokasi penelitian memiliki kecepatan arus yang masih memungkinkan untuk perkembangan fitoplankton Mason (1981) mengemukakan bahwa perairan yang memiliki kecepatan arus lebih kecil dari 0,5 m/dt termasuk perairan dengan arus yang lemah sehingga masih memungkinkan fitoplankton untuk melakukan aktifitas biologisnya.

#### 4.1.3 Salinitas

Salinitas dalam perairan sangat memberikan pengaruh terhadap keberadaan organisme laut. Sebagaimana yang dinyatakan Kennish (1990), bahwa salinitas sangat berpengaruh terhadap penyesuaian densitas organisme laut. Secara tidak langsung salinitas memberikan pengaruh terhadap pemecahan sel sebagian tanaman yang mengalaminya, distribusi organisme dan produktivitas. Disamping itu proses

fotosintesis mikroalga (fitoplankton) juga dipengaruhi oleh salinitas perairan, yakni dengan merubah sistem karbondioksida dan tekanan osmosis. Dengan berubahnya tekanan osmosis dan komposisi ion dalam sel proses lain dalam sel seperti sintesis klorofil, dan laju fotosintesis dapat berubah. Hal ini memberikan dampak terhadap proses daur ulang unsur hara sebagai bahan baku fotosintesis.

Nilai salinitas yang didapatkan dari hasil pengukuran pada Stasiun A pagi hari adalah berkisar antara 30,66 - 31,66 ‰, pada pengukuran siang hari didapatkan kisaran nilai salinitas rata-rata 30,66 - 32,3 ‰, sedangkan pada pengukuran sore hari didapatkan kisaran nilai salinitas rata-rata adalah 30,00 - 32,66 ‰. Pengukuran pada Stasiun B pagi hari didapatkan kisaran nilai salinitas rata-rata adalah 30,00 - 31,66 ‰, pada pengukuran siang hari didapatkan kisaran nilai 29,66 - 32,66 ‰, sedangkan pada pengukuran sore hari didapatkan kisaran nilai 28,33 - 32,00 ‰.

Dari keseluruhan nilai rata-rata pengukuran pada Stasiun A didapatkan kisaran salinitas 30,00 - 32,66 ‰. Sedangkan pada stasiun B didapatkan kisaran 28,33 - 32,00 ‰ (Tabel 3 Lampiran 2). Dari hasil tersebut terlihat bahwa kisaran nilai salinitas pada lokasi penelitian menunjukkan kisaran yang sangat mendukung untuk tumbuh dan berkembangnya fitoplankton. Sachlan (1982) mengatakan bahwa salinitas optimum untuk pertumbuhan fitoplankton adalah 10 - 40 ‰. Kennish (1990) menambahkan bahwa pada salinitas 0 - 10 ‰ yang mampu tumbuh dan berkembang adalah fitoplankton jenis air tawar, pada salinitas 10-20 ‰ didapatkan hidup fitoplankton air tawar dan laut, sedangkan pada salinitas lebih besar dari 20 ‰ yang dapat hidup hanya jenis fitoplankton bahari.

#### 4.1.4 Kekeruhan

Tingkat kekeruhan perairan erat kaitannya dengan daya tembus cahaya ke kolom air. Untuk perairan yang keruh, penetrasi cahaya akan mengalami absorpsi dan pemantulan sehingga tidak maksimal memasuki perairan.

Dari hasil pengukuran tingkat kekeruhan pada lokasi penelitian didapatkan kisaran rata-rata tingkat kekeruhan pada Stasiun A adalah 0,28 -1,66 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) dan pada Stasiun B 0,32 – 1,37 NTU sebagaimana disajikan dalam Tabel 3 dan Lampiran 3. Dari hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan pada lokasi penelitian tidak sampai menjadi faktor penghambat untuk tumbuh dan berkembangnya fitoplankton. Berdasarkan ketentuan dalam Baku Mutu Air Lingkungan Bapedalda (1995), dikatakan bahwa organisme laut masih bisa tumbuh dan berkembang biak dengan baik pada tingkat kekeruhan 5-30 NTU. Baka (1996) menambahkan bahwa perairan dengan tingkat kekeruhan kurang dari 5 NTU tergolong perairan yang bersih sehingga aktifitas fitoplankton tidak terganggu.

#### 4.1.5 Kedalaman

Dari hasil pengukuran kedalaman didapatkan kedalaman dasar perairan pada Stasiun A adalah 26,5 m, sedangkan pada Stasiun B didapatkan kedalaman sampai dasar perairan adalah 25 m. Dari nilai kedalaman tersebut masih memungkinkan untuk tumbuh dan berkembang fitoplankton dengan baik. Hasil Penelitian Hatta (2002) di perairan utara Irian Jaya menemukan bahwa fitoplankton masih bisa hidup dan berkembang sampai pada kedalaman lebih dari 60 meter.

#### 4.1.5 Oksigen terlarut

Data hasil pengukuran oksigen terlarut menunjukkan bahwa pada Stasiun A pagi hari nilai oksigen terlarut rata-rata antara 5,30 - 6,96 ppm, pada pengukuran siang hari didapatkan nilai oksigen terlarut rata-rata antara 4,88 - 7,06 ppm, dan pada pengukuran sore hari didapatkan nilai oksigen terlarut rata-rata antara 4,86 - 6,31 ppm. Pengukuran pada Stasiun B pagi hari didapatkan nilai oksigen terlarut rata-rata antara 4,79 - 6,19 ppm, pada pengukuran siang hari didapatkan nilai oksigen terlarut rata-rata antara 4,75 - 6,95 ppm, sedangkan pada pengukuran sore hari didapatkan nilai oksigen terlarut rata-rata antara 4,82 - 6,96 ppm.

Dari keseluruhan nilai rata-rata hasil pengukuran oksigen terlarut tersebut diatas didapatkan kisaran nilai rata-rata untuk semua Stasiun pada tiap-tiap pengukuran yakni 4,75 - 7,06 ppm (Tabel 5 Lampiran 4). Dari nilai rata-rata ini dapat disimpulkan bahwa kondisi lokasi penelitian ditinjau dari kandungan oksigen terlarut masih mendukung untuk tumbuh dan berkembangnya fitoplankton. Sumich (1992) membagi perairan ke dalam tiga kategori berdasarkan kandungan oksigen terlarutnya, yakni perairan tercemar ringan bila kandungan oksigen terlarutnya sama dengan 5 ppm, tercemar sedang bila kandungan oksigen terlarutnya sama dengan 2 - 5 ppm dan tercemar berat bila kandungan oksigen terlarutnya antara 0,1 - 2 ppm. Welch (1980) menyarankan agar kadar oksigen terlarut minimum dalam perairan tidak kurang dari 4 ppm. Sedangkan dalam keadaan tidak terdapat senyawa beracun konsentrasi 2 ppm cukup mendukung kehidupan perairan.

#### 4.1.6 Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) mempunyai pengaruh yang sangat penting terhadap pertumbuhan fitoplankton. Pescod (1973) menyatakan bahwa pH merupakan salah satu parameter yang dapat menentukan produktifitas suatu perairan.

Hasil pengukuran pH menunjukkan bahwa nilai pH yang didapatkan pada lokasi penelitian sangat mendukung untuk tumbuh dan berkembangnya fitoplankton. Pengukuran pada Stasiun A pagi hari didapatkan nilai pH rata-rata yang terukur adalah 7,68 - 7,76, pada pengukuran siang hari didapatkan nilai pH rata-rata antara 7,60-7,75 sedangkan pada pengukuran sore hari didapatkan nilai pH rata-rata antara 7,72-7,76. Pengukuran pada Stasiun B pagi hari didapatkan nilai pH rata-rata antara 7,12 - 7,86, pada pengukuran siang hari didapatkan nilai pH rata-rata 7,13 - 7,91, sedangkan pada pengukuran sore hari didapatkan nilai pH rata-rata antara 7,71-7,80 (Tabel 5 dan Lampiran 5).

Dari data tersebut di atas terlihat bahwa lokasi penelitian memiliki kisaran pH yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan Pescod (1973), bahwa pH yang ideal untuk pertumbuhan fitoplankton adalah antara 6,5 – 8,0. Tambaru (2000) mengatakan bahwa perairan dengan pH lebih kecil dari 4 dan lebih besar dari 9,5 dapat menyebabkan kematian mahluk hidup. Kaswadji *et al.* (1993) menambahkan bahwa perairan dengan pH 5,5 - 6,5 termasuk perairan yang tidak produktif, pH 6,5-7,5 merupakan perairan yang produktif, pH 7,5-8,5 merupakan perairan yang sangat produktif, sedangkan perairan dengan pH diatas 8,5 merupakan perairan yang tidak produktif lagi.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Nilai kandungan klorofil maksimum rata-rata yang ditemukan pada lokasi penelitian berkisar antara 0,12-1,31 ppm. Nilai maksimum tertinggi ditemukan pada pengukuran siang hari yakni 1,28 ppm pada Stasiun A dan 1,31 ppm pada Stasiun B, dan nilai maksimum terendah didapatkan pada pengukuran pagi hari yakni 0,12 ppm pada Stasiun A dan 0,24 ppm pada Stasiun B
2. Profil sebaran klorofil maksimum antara satu waktu pengukuran dengan lainnya menunjukkan nilai dan posisi berbeda pada tiap-tiap Stasiun

### 5.2 Saran

1. Diharapkan ada penelitian tentang kandungan klorofil maksimum perairan dengan range waktu sampling lebih lama (1 minggu atau 1 bulan)
2. Dipandang perlu melakukan penelitian kecepatan laju migrasi fitoplankton secara vertikal dalam perairan tiap satuan waktu
3. Sebaiknya dilakukan penelitian tentang pengaruh perbedaan waktu dan lama penyinaran terhadap sebaran klorofil perairan

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 1987. *Canadian Water Quality*. Canadian Council of Resource and Environment Ministers. Ontario Canada
- Anonimous, 2003. *Klorofil (Chlorophyll) Mengatasi Bau Mulut Hingga Penyakit Infeksi*. . Majalah Science Nirmala, Edisi Juni
- Anonimous, 2003. *Tetumbuhan*. Pustaka Alam Life. Jakarta.
- Alaerts, G. dan S.S. Santika. 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional Sumberdaya Indonesia
- Alam, N. 2003. *Hubungan Kandungan Klorofil a dengan Parameter Oseanografi Perairan Di Perairan Teluk Ujung Putondo Kabupaten Takalar*. Jurusan Ilmu Kelautan Unhas.
- APHA. 1989. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste water Including Bottom sedimen and Sludges*. 12-th ed. Amer. Publ. Health Asociacion Inc., new York
- Baka, 1996. *Studi Beberapa Parameter Fisika dan Kimia Air Di Perairan Pantai Tanjung Merdeka Kotamadya Ujung Panjang*. Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin
- Bappedalda, 1995. *Baku Mutu Air Laut Untuk Keperluan Perikanan*. Kota Madya. Makassar
- Basmi, J., 1995. *Fitoplankton: Produktivitas Primer*. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Boyd, C.E., 1981. *Water Quality Management for Pond Fish Culture*. Departemen of Fisheries and Allied Aquacultures, Agricultural Experiment Stasion, Auburn University Alabama
- Brown, J., A. Colling, D. Park, J. Phillips, D. Rothery, J. Wright, 1989. *Ocean Chemistry and Deep Sea Sediments*. Open University.
- Campbell, G.S., 1977. *An Introduction to Enveromental Biophysics*, Springer Perlag, New York

- Chaniago, W., 1994. *Studi Kualitas Fisika-Kimia Air di Daerah Estuaria Sungai Teko Yang Mendapat Limbah Pabrik Gula Arasoe Bone Untuk Pengembangan Budidaya Pantai*. Skripsi Fakultas Peternakan dan Perikanan Unhas Ujung Pandang
- Fieux, M., R. Molcard and A. G. Ilahude, 1996. *Geostrophic Transport of the Pacific - Indian Oceans Throughflow*. J. Geophys. Res., 101 (C5): 12,421 - 12,432.
- Grahme, J., 1987. *Plankton And Fisheries*. Edward Arnold (Publisher) Ltd., London, Victoria, Maryland.
- Hatta, M., 2002. *Hubungan Antara Klorofil-a dan Ikan Pelagis dengan Kondisi Oseanografi Di Perairan Utara Irian Jaya*. Artikel Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Hutabarat, S., dan S.M. Evans, 1985. *Pengantar Oseanografi*. Universitas Indonesia Jakarta
- Hutagalung, H.P., dan Abdul Rozak, 1997. *Pengendalian Mutu dalam Pengambilan dan Pengawetan Contoh Air, Sedimen dan Biota; Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota Buku 2*. P3O LIPI. Jakarta.
- Hutagalung, H.P., 1997. *Metode Analisis Sampel Sedimen dan Biota Laut Buku 1 dan 2*, P3O-LIPI. Jakarta
- Kabul, R.S.E., 2000. *Kandungan Zat Hara Di Perairan Teluk Lampung pada Bulan Agustus dan September 1999*. Program Studi Ilmu Dan Teknologi Kelautan. FPIK. IPB. Bogor
- Kaswadji, R.F., F. Widjaja dan Y. Wardianto, 1993. *Produktivitas Primer dan Laju Pertumbuhan Fitoplankton Di Perairan Pantai Bekasi*. Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia 1(2): 1-15
- Kennish, M.J., 1990. *Ecology of Estuaria*. CRC. Press. London
- Koesoebiono, 1981. *Biologi Laut*. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Levinton, J.S., 1982. *Marine Ecology*. Printice - Hall inc.



- Lisu, N., 1996. *Studi Komposisi Jenis dan Kelimpahan Fitoplankton Di Muara Sungai Tallo Kodya Ujung Pandang*. Skripsi Ilmu Kelautan. Unhas. Makassar
- Lukas R., and E. Lindstrom, 1991. *The Mixed Layer of the Western Equatorial Pacific Ocean*. J. Geophys. Res., 96: 3343 - 3357.
- Lukman, 2001. *Studi Komposisi Jenis dan Kelimpahan Fitoplankton Di Perairan Muara Sungai Pangkajene Kabupaten Pangkep*. Skripsi Ilmu Kelautan Unhas. Makassar
- Mason, C.F., 1981. *Biology of freshwater Pollution*, Langmas, London
- Mc Phaden, and S.P. Hayes, 1991. *On the Variability of Winds, Sea Surface Temperature, and Surface Layer Heat Content in the Western Aquatorial Pacific*. J. Geophys. Res. 96: 3331 - 3342.
- Milero, F., and G. Sohn, 1991. *Chemical Oceanography*. University of Cambridge. UK
- Moore, J.W. 1991. *Inorganic Contaminant of Surface Water*. Springer -Verlag. New York. 334 p
- Moosa, M.K., dan Suharsono. 1995. *Rehabilitasi dan Pengelolaan Terumbu Karang: Suatu Usaha Menuju Pemanfaatan Sumber Daya Terumbu Karang Secara Lestari*. Prosiding Seminar Nasional (Pengelolaan Terumbu Karang Puslitbang Oseanologi LIPI). Jakarta.
- Nontji, A., 1993. *Laut Nusantara*. Penerbit Jembatan, Jakarta.
- Novotny, V. and Olem, H. 1994. *Water Quality, Prevention, Identification and Management of Diffuse Polution*. Van Nostrans Reinhold. New York
- Nybakken, 1992. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. PT. Gramedia. Jakarta
- Odum, E.P., 1971. *Pundamental of Ecology*. Third Edition. WB Sounder Company, Toronto
- Parsons, T.R., M. Takashi, and B. Hargrave, 1984. *Biological Oceanography Process*. Third Edition. Pergamon Press, New York.

- Pasengo, Y.L., 1995. *Studi Dampak Limbah Pabrik Plywood Terhadap Kelimpahan dan Keanekaragaman Fitoplankton Di Perairan Dangkalan Desa Barowa Kecamatan Buwa Kabupaten Luwu*. Skripsi Ilmu Kelautan, Unhas. Makassar
- Pescod, N.B., 1973. *Investigation of Rational Effluent and Stream Standard of Tropical Countries*. AIT Bangkok
- Riyono, Hadi S., 1997. *Penentuan Kadar Klorofil Fitoplankton*. P30 LIPI. Jakarta
- Rosalyna, F.S., 2002. *Hubungan Antara Hara Nitrat dan Fosfat Dengan Fitoplankton Di Perairan Pantai Teluk Cilellang Kabupaten Barru*, Skripsi Ilmu Kelautan Unhas. Makassar.
- Ruttner, F., 1973. *Fundamental of Limnology. Third Edition*. University of Toronto Press, Toronto Canada
- Sachlan, M., 1982. *Planktonologi. Correspondence Course Centre*. Direktorat Jenderal Perikanan, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Saeni, M.S., 1989. *Kimia Lingkungan*. Depdikbud. Dirjen Dikti Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat, IPB. Bogor
- Samawi, M.F., 2000. *Hubungan Antara Struktur Komunitas dan Biomassa Fitoplankton dengan Hara Nitrogen-Fosfor pada Berbagai Ekosistem Pantai Pulau Bone Batang*. Tesis Pasca Sarjana IPB. Bogor
- Samawi, M.F., 2001 *Penuntun Praktikum Kimia Oseanografi*. Laboratorium Oseanografi Kimia, Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin. Makassar
- Sawyer, C.N. and Mc Carty, P.L. 1978. *Chemistry for Environmental Engineering*. Wiley Eastern Limited. New Delhi
- Setiorini, 1996. *Studi Kualitas Air di Perairan Muara Sungai Tallo Kota Madya Ujung Pandang*. Skripsi Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang
- Spencer, C.P., 1975. *The Micro Nutrien Elemen. In Chemical Oceanography*, Vol 2 Ed J.P. Riley and G. Skirrow. Academic Press, London-New York-San Fransisco
- Sumich, J.L., 1992. *An Introduction to The Biology Marine Life*. Fifth Edition. WCBW.M.C. Brown Publisher.

- Susana T., 1987. *Sekilas Tentang Oseanografi Kimia*. Balitbang Oseanologi LIPI. Jakarta
- Tambarau, R. dan Samawi, M.F. (1996). *Beberapa Parameter Kimia Fisika Air Di Muara Sungai Tallo Kotamadya Makassar*. Torani. Buletin Ilmu Kelautan No.2 Vol 6. Unhas Makassar
- Tambaru, R., 2001. *Pengaruh Intensitas Cahaya pada Berbagai Waktu Inkubasi Terhadap Produktivitas Primer Fitoplankton Di Perairan Teluk Hurun*. Tesis Pasca Sarjana IPB. Bogor
- Tomascik, T., A. J. Mah, A. Nontji, and M. K. Moosa, 1997 . *The Ecology of the Indonesian Seas*. Part One. The Ecology of Indonesian Series. Vol. VII. Periplus Editions (HK) Ltd.
- Tubalawony, S., 2002. *Pengaruh Faktor-faktor Oseanografi Terhadap Produktivitas Primer Perairan Indonesia*. Artikel Pasca Sarjana IPB. Bogor
- Wardoyo, S.T.H., 1981. *Kriteria Kualitas Air Untuk Keperluan Pertanian dan Perikanan*. Training Analisis Dampak Lingkungan, PPLH-UNDP-PSL
- Welch, E.B., 1980. *Ecological Effec of Waste Water*. Cambrige University Press, Cambrige
- Wetzel, R.G., 1983. *Limnologi*. W.B. Sounder Company, Philadelphia.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Hasil Pengukuran Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran

St	Kedalaman	Waktu													
		Pagi			Rata-rata	Siang			Rata-rata	Sore			Rata-rata		
		1	2	3		1	2	3		1	2	3			
A	0	28	20	20	28	29	30	30	30	30	29	29	29		
	5	27	28	28		28	29	29		28	29	29		28	29
	10	27	27	27		27	28	28		28	28	28		28	28
	15	25	26	26		26	28	27		27	27	27		27	26
	20	24	25	25		25	27	26		26	26	25		26	25
B	0	28	29	29	29	30	30	31	30	30	29	29	29		
	5	28	28	28		28	29	29		29	29	29		28	29
	10	27	27	27		27	28	28		28	28	28		27	27
	15	26	26	26		26	27	27		27	27	27		26	26
	20	25	25	25		25	26	26		26	26	25		26	25

Lampiran 2. Tabel Hasil Pengukuran Salinitas ( $\text{‰}$ ) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran

St	Kedalaman	Waktu														
		Pagi			Rata-rata	Siang			Rata-rata	Sore			Rata-rata			
		1	2	3		1	2	3		1	2	3				
A	0	32	30	30	30.66	32	32	33	32.33	30	30	31	30.33			
	5	32	30	30		30.66	31	30		32	31.00	30		31	30	30.33
	10	30	32	30		30.66	31	31		32	31.33	32		32	31	31.66
	15	30	30	32		30.66	32	32		30	30.66	32		28	30	30.00
	20	32	33	30		31.66	32	32		33	32.33	33		32	33	32.66
B	0	31	30	30	30.33	32	32	32	32.00	32	31	31	31.33			
	5	30	30	31		30.33	31	31		31	31.00	31		31	32	31.33
	10	29	30	31		30.00	30	29		30	29.66	30		31	32	31.00
	15	30	31	32		31.00	30	32		32	31.66	31		32	32	28.33
	20	32	32	31		31.66	31	33		32	32.66	32		32	32	32.00

Lampiran 3. Tabel Hasil Pengukuran Kekeruhan (NTU) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran

St	Kedalaman	Waktu														
		Pagi			Rata-rata	Siang			Rata-rata	Sore			Rata-rata			
		1	2	3		1	2	3		1	2	3				
A	0	0.42	0.51	0.52	0.48	0.51	0.52	0.53	0.52	0.61	0.52	0.63	0.60			
	5	0.41	0.31	0.44		0.38	1.31	1.24		0.98	1.17	0.72		0.71	0.70	0.71
	10	0.28	0.29	0.29		0.28	1.49	1.31		10.2	1.27	1.00		0.99	1.01	1.00
	15	0.33	0.41	0.41		0.39	1.49	1.49		0.91	1.31	0.91		0.93	0.90	0.91
	20	0.32	0.31	0.31		0.33	0.78	0.72		0.68	0.72	0.43		0.44	0.42	0.43
B	0	0.51	0.52	0.49	0.50	0.50	0.54	0.55	0.53	0.34	0.33	0.35	0.34			
	5	0.42	0.40	0.41		0.41	1.40	1.41		1.32	1.37	0.46		0.45	0.48	0.46
	10	0.41	0.40	0.41		0.40	1.31	1.30		1.12	1.24	0.52		0.56	0.58	0.55
	15	0.52	0.53	0.50		0.51	0.92	0.90		0.89	0.90	0.93		0.90	0.91	0.91
	20	0.33	0.33	0.30		0.32	0.63	0.64		0.59	0.62	0.58		0.58	0.57	0.57

Lampiran 4. Tabel Hasil Pengukuran DO (ppm) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran

St	Kedalaman (m)	Waktu											
		Pagi				Siang				Sore			
		1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata
A	0	6,94	6,36	7,10	6,96	7,00	7,00	7,02	7,06	5,32	6,70	6,92	6,31
	5	6,80	6,66	6,80	6,75	7,10	6,80	6,48	6,79	6,41	6,05	6,44	6,30
	10	6,72	5,60	7,10	6,47	6,64	5,90	6,20	6,24	6,35	5,64	6,00	5,99
	15	5,64	5,55	4,72	5,30	5,64	6,10	5,05	5,58	5,22	4,37	5,00	4,86
	20	5,33	5,42	5,40	5,38	5,30	4,36	5,00	4,88	5,01	5,01	5,35	5,12
B	0	6,41	5,44	6,72	6,19	6,90	7,01	6,96	6,95	7,44	5,97	7,49	6,96
	5	5,72	6,53	6,36	6,10	6,08	6,11	6,03	6,07	6,31	6,96	5,98	6,41
	10	6,11	6,31	6,11	6,17	5,97	6,01	6,15	6,04	6,42	5,43	5,82	5,90
	15	4,12	5,69	5,20	5,31	5,42	5,40	5,06	5,29	5,11	5,21	4,96	5,90
	20	5,06	5,47	4,80	4,79	5,05	4,20	5,00	4,75	4,47	5,00	5,00	4,82

Lampiran 5. Tabel Hasil Pengukuran pH Secara Vertikal pada Berbagai waktu Pengukuran

Stasiun	Kedalaman	Waktu											
		Pagi				Siang				Sore			
		1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata
A	0	7,72	7,60	7,72	7,68	7,60	7,62	7,60	7,60	7,73	7,72	7,71	7,72
	5	7,76	7,70	7,75	7,76	7,70	7,73	7,72	7,71	7,76	7,76	7,75	7,76
	10	7,75	7,77	7,74	7,75	7,76	7,75	7,74	7,75	7,75	7,76	7,76	7,75
	15	7,76	7,77	7,76	7,76	7,66	7,64	7,66	7,65	7,75	7,76	7,75	7,75
	20	7,76	7,76	7,77	7,76	7,76	7,75	7,76	7,75	7,77	7,75	7,75	7,76
B	0	7,74	7,73	7,72	7,73	6,89	6,41	7,60	7,13	7,80	7,81	7,79	7,80
	5	7,69	7,68	7,68	7,68	7,72	7,76	7,70	7,72	7,80	7,79	7,79	7,79
	10	7,91	7,78	7,90	7,86	8,10	7,92	7,91	7,80	7,76	7,75	7,76	7,75
	15	7,11	7,13	7,12	7,12	7,91	7,92	7,90	7,91	7,75	7,77	7,77	7,76
	20	7,74	7,79	7,77	7,76	7,22	7,23	7,32	7,25	7,72	7,70	7,73	7,71

Lampiran 6. Tabel Hasil Pengukuran Nitrat (mg/l) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran

St	Kedalaman	Waktu											
		Pagi				Siang				Sore			
		1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata
A	0	0,32	0,44	0,33	0,30	0,20	0,25	0,22	0,22	0,47	0,59	0,41	0,49
	5	0,41	0,54	0,31	0,42	0,34	0,28	0,31	0,31	0,62	0,61	0,52	0,58
	10	0,42	0,42	0,42	0,42	0,41	0,44	0,39	0,41	0,32	0,32	0,31	0,31
	15	0,41	0,41	0,42	0,41	0,52	0,53	0,41	0,48	0,41	0,50	0,56	0,49
	20	0,32	0,28	0,30	0,30	0,50	0,52	0,56	0,52	0,54	0,50	0,61	0,55
B	0	0,42	0,41	0,39	0,40	0,32	0,29	0,33	0,31	0,62	0,49	0,55	0,55
	5	0,40	0,41	0,40	0,40	0,38	0,40	0,40	0,39	0,53	0,58	0,51	0,54
	10	0,56	0,49	0,50	0,51	0,40	0,40	0,42	0,40	0,47	0,50	0,53	0,50
	15	0,31	0,32	0,31	0,31	0,43	0,41	0,42	0,42	0,34	0,32	0,31	0,32
	20	0,40	0,42	0,40	0,40	0,51	0,51	0,46	0,49	0,40	0,41	0,41	0,40

Lampiran 7. Tabel Hasil Pengukuran Nitrit (mg/l) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran

St	Kedalaman	Waktu											
		Pagi			Rata-rata	Siang			Rata-rata	Sore			Rata-rata
		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
A	0	0.007	0.007	0.008	0.0073	0.008	0.007	0.006	0.0073	0.004	0.005	0.005	0.0046
	5	0.003	0.004	0.005	0.0040	0.003	0.004	0.003	0.0033	0.007	0.007	0.007	0.0070
	10	0.006	0.005	0.006	0.0050	0.006	0.005	0.005	0.0050	0.006	0.006	0.006	0.0066
	15	0.001	0.001	0.002	0.0013	0.002	0.001	0.002	0.0016	0.002	0.003	0.003	0.0026
	20	0.001	0.002	0.002	0.0016	0.002	0.002	0.003	0.0023	0.001	0.001	#	0.0010
B	0	0.001	0.001	0.002	0.0013	0.006	0.005	0.005	0.0050	0.007	0.006	0.005	0.0066
	5	0.001	#	0.001	0.0010	0.003	0.005	0.004	0.0040	0.001	#	0.001	0.0010
	10	0.005	0.004	0.003	0.0040	0.007	0.006	0.006	0.0063	#	#	0.001	0.0010
	15	0.006	0.005	0.004	0.0050	0.002	0.002	0.003	0.0020	0.006	0.007	0.005	0.0060
	20	0.003	0.004	0.004	0.0036	0.003	0.002	0.003	0.0020	0.003	0.004	0.002	0.0030

Ket: # : tidak terbaca

Lampiran 8. Tabel Hasil Pengukuran Amoniak (mg/l) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran

St	Kedalaman	Waktu											
		Pagi			Rata-rata	Siang			Rata-rata	Sore			Rata-rata
		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
A	0	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.06	0.07	0.06	0.06
	5	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.0
	10	0.04	0.04	0.07	0.05	0.07	0.06	0.05	0.06	0.04	0.05	0.05	0.04
	15	0.05	0.45	0.04	0.04	0.08	0.07	0.09	0.08	0.03	0.02	0.03	0.02
	20	0.06	0.06	0.08	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06
B	0	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.06	0.06	0.05	0.05
	5	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.06	0.06
	10	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.04	0.06	0.05	0.05	0.04	0.06	0.05
	15	0.07	0.07	0.10	0.08	0.06	0.07	0.08	0.07	0.02	0.04	0.03	0.03
	20	0.03	0.04	0.04	0.03	0.07	0.07	0.06	0.06	0.02	0.03	0.03	0.02

Lampiran 9. Tabel Hasil Pengukuran Fosfat (ppm) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran

St	Kedalaman	Waktu											
		Pagi			Rata-rata	Siang			Rata-rata	Sore			Rata-rata
		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
A	0	0.47	0.46	0.62	0.51	0.36	0.39	0.26	0.33	0.35	0.48	0.50	0.45
	5	0.62	0.61	0.49	0.53	0.72	0.40	0.41	0.51	0.62	0.66	0.51	0.59
	10	0.67	0.43	0.46	0.45	0.58	0.48	0.39	0.48	0.42	0.45	0.42	0.43
	15	0.45	0.42	0.41	0.42	0.48	0.43	0.62	0.51	0.23	0.30	0.32	0.32
	20	0.24	0.32	0.30	0.28	0.71	0.50	0.41	0.59	0.39	0.42	0.41	0.40
B	0	0.46	0.4	0.52	0.48	0.37	0.39	0.38	0.38	0.44	0.49	0.51	0.48
	5	0.53	0.49	0.50	0.50	0.50	0.52	0.49	0.50	0.48	0.49	0.46	0.47
	10	0.53	0.50	0.49	0.50	0.64	0.64	0.62	0.63	0.48	0.47	0.45	0.46
	15	0.33	0.33	0.30	0.32	0.52	0.50	0.49	0.50	0.36	0.38	0.37	0.37
	20	0.40	0.39	0.41	0.40	0.56	0.54	0.52	0.54	0.60	0.59	0.58	0.59

**Lampiran 10. Tabel Hasil Pengukuran Kandungan Klorofil (ppm) Secara Vertikal pada Berbagai Waktu Pengukuran**

Stasiun	Kedalaman	Waktu											
		Pagi				Siang				Sore			
		1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata
<b>A</b>	0	0.05	0.04	0.03	<b>0.04</b>	1.25	1.30	1.29	<b>1.28</b>	0.06	0.05	0.04	<b>0.05</b>
	5	0.04	0.02	0.03	<b>0.03</b>	0.72	0.84	0.89	<b>0.81</b>	0.03	0.01	0.02	<b>0.02</b>
	10	0.02	0.06	0.05	<b>0.04</b>	0.09	0.13	0.08	<b>0.10</b>	1.10	1.38	0.96	<b>1.14</b>
	15	0.13	0.09	0.11	<b>0.11</b>	0.05	0.05	0.05	<b>0.05</b>	0.60	0.62	0.59	<b>0.60</b>
	20	0.11	0.13	0.12	<b>0.12</b>	0.04	0.09	0.05	<b>0.06</b>	0.02	0.03	0.01	<b>0.02</b>
<b>B</b>	0	0.02	0.03	0.04	<b>0.03</b>	0.72	0.89	0.85	<b>0.82</b>	0.04	0.07	0.03	<b>0.04</b>
	5	0.05	0.06	0.07	<b>0.06</b>	1.27	1.33	1.33	<b>1.31</b>	0.04	0.03	0.05	<b>0.03</b>
	10	0.04	0.04	0.07	<b>0.05</b>	0.11	0.13	0.15	<b>0.13</b>	0.06	0.08	0.05	<b>0.06</b>
	15	0.22	0.20	0.32	<b>0.24</b>	0.04	0.07	0.05	<b>0.05</b>	1.00	1.11	1.27	<b>1.12</b>
	20	0.12	0.10	0.10	<b>0.10</b>	0.05	0.02	0.04	<b>0.04</b>	0.09	0.07	0.04	<b>0.06</b>