

# **KELIMPAHAN DAN DISTRIBUSI FITOPLANKTON DI PERAIRAN TELUK MANADO SULAWESI UTARA**

*Oleh*

**JOICE R. T. S. L RIMPER**



**PROGRAM PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
2001**

***Sebab di dalam Dialah tersembunyi segala harta hikmat dan pengetahuan, dan segala sesuatu yang kami kerjakan Engkauilah yang melakukan bagi kami***  
***(Kol. 2:3, Yes 26 : 12)***

***Untuk kalian yang kucintai***

***Papi (Alm), Mami, Oma, Femmy, adik-adikku Ricky, Hetty, Danny, dan Moses***  
***I Love you and Jesus loves you***

## RINGKASAN

JOICE R.T.S.L RIMPER. Kelimpahan dan Distribusi Fitoplankton di Perairan Teluk Manado Propinsi Sulawesi Utara (Di bawah bimbingan RICHARDUS KASWADJI sebagai Ketua dan ENAN M. ADIWILAGA sebagai anggota).

Salah satu sumberdaya hayati yang mempunyai peranan dalam ekosistem laut adalah plankton. Keberadaan plankton sangat mempengaruhi kehidupan di perairan karena memegang peranan penting sebagai makanan bagi berbagai organisme laut. Sehingga dapat dikatakan plankton menjadi tiang penopang kehidupan di laut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran fitoplankton laut berdasarkan komposisi jenis dan kelimpahannya, serta menentukan kaitan antara kelimpahan fitoplankton dan kandungan klorofil-a dengan kondisi hidrooseanografi yang mencakup suhu, salinitas, kecerahan, kecepatan arus, derajat keasaman (pH), oksigen terlarut, kadar nitrat dan fosfat.

Kondisi lingkungan perairan Teluk Manado selama penelitian pada umumnya menunjukkan kisaran yang masih layak untuk pertumbuhan fitoplankton. Komposisi fitoplankton yang ditemukan terdiri dari 3 klas yaitu klas Bacillariophyceae (diatom) 15 genera, klas Dthynophyceae (dinoflagellata) 7 genera, 1 genus dari klas Cyanophyceae dan beberapa genera dari klas lainnya. Diatom yang memiliki frekwensi kemunculan tinggi antara lain *Chaetoceros* sp, *Bacteriastrum* sp, *Rhizosolenia* sp, *Coscinodiscus* sp, *Thalassionema* sp dan *Thalassiothrix* sp, sedangkan dari dinoflagellata adalah *Ceratium* sp, *Dinophysis* sp, *Pyrocystis* sp, *Prorocentrum* sp, dan *Noctiluca* sp. Satu-satunya genus dari Cyanophyceae adalah *Trichodesmium*. Kelimpahan fitoplankton berkisar antara 10000-23737 sel/liter dengan rata-rata di stasiun TM1, TM2 dan TM3 yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan di stasiun TM4, TM5,

dan TM6. Persentase tertinggi diatom adalah 81.04 % dan terendah 79.48 %. Untuk persentase tertinggi dinoflagellata yaitu 13.36 % dan terendah 12.19 %. Kandungan klorofil-a di perairan Teluk Manado selama penelitian yaitu tertinggi 1.088  $\mu\text{g/ml}$  dan terendah 0.012  $\mu\text{g/ml}$ .

Hasil analisis diskriminan kelimpahan fitoplankton menunjukkan bahwa parameter-parameter yang memiliki rata-rata signifikan ( $P < 0.05$ ) berbeda antar tiga grup/kategori relatif (rendah, sedang, tinggi) antara lain salinitas, kecepatan arus, oksigen terlarut, dan nitrat. Sedangkan hasil analisis diskriminan kandungan klorofil-a, yang dikelompokkan dalam tiga grup/kategori relatif (rendah, sedang, tinggi) menunjukkan hal yang mirip dengan kelimpahan fitoplankton. Parameter yang rata-rata signifikan ( $P < 0.05$ ) berbeda antar grup adalah suhu, salinitas, kecepatan arus dan oksigen terlarut. Nitrat yang berperan banyak dalam membedakan kelimpahan fitoplankton tidak memberikan kontribusi besar dalam membedakan tinggi rendahnya kandungan klorofil-a. Sebaliknya suhu yang tidak terlalu berperan dalam membedakan kelimpahan fitoplankton justru menunjukkan peranan dalam membedakan tinggi rendahnya kandungan klorofil-a.

# **KELIMPAHAN DAN DISTRIBUSI FITOPLANKTON DI PERAIRAN TELUK MANADO SULAWESI UTARA**

**Oleh**

**JOICE R. T. S. L RIMPER**

**Tesis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
gelar Magister Sains pada Program Studi Ilmu Kelautan**

**PROGRAM PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
2001**



Judul Tesis : Kelimpahan Dan Distribusi Fitoplankton Di Perairan Teluk Manado Sulawesi Utara

Nama Mahasiswa : Joice R. T. S. L Rimper

Nomor Pokok : 97362

Program Studi : Ilmu Kelautan (IKL)

Menyetujui

1. Komisi Pembimbing

*Richardus Kaswadi*

(Dr. Ir. Richardus Kaswadi, MSc)  
Ketua

*Anmyama. A*

(Dr. Ir. Enan M. Adiwilaga)  
Anggota

2. Ketua Program Studi,

Direktur Pascasarjana IPB,

*Mulia Purba*

(Dr. Ir. Mulia Purba, MSc)



Prof. Dr. Manuwoto, MSc)

Tanggal lulus : 27 Maret 2001

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kiawa (Sulawesi Utara) pada tanggal 5 September 1965, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dari Ayah Drs. Pieter Hein Rimper (almarhum) dan Ibu Neeltje L. Keparang.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SD GMIM VIII Manado dan lulus tahun 1977. Pada tahun 1978 penulis menempuh pendidikan di SMP Negeri IV Manado dan lulus pada tahun 1981. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan di SMA Negeri II Manado tahun 1981 dan lulus pada tahun 1984. Pada tahun 1984 penulis menempuh pendidikan tinggi di Universitas Sam Ratulangi Manado, pada Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan lulus pada tahun 1989.

Pada tahun 1990, penulis menjadi staf pengajar pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi Manado. Selanjutnya tahun 1997 penulis memperoleh kesempatan melanjutkan pendidikan pascasarjana (S2) pada Program Studi Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor dengan beasiswa BPPS-DIKTI.

## KATA PENGANTAR

Pentingnya peranan fitoplankton sebagai pengikat awal energi matahari menjadikan plankton menentukan kelangsungan hubungan makan-memakan dalam kehidupan biota laut. Pengukuran fitoplankton menjadi penting karena sebagai produsen primer memberikan kontribusi terbesar terhadap produksi total di dalam ekosistem perairan.

Dengan berkembangnya permukiman di wilayah pantai Teluk Manado, maka perairan ini akan mendapatkan dampak dari kegiatan masyarakat sekitar terutama dari kota Manado. Kajian keterkaitan antara karakteristik fisika kimia perairan terhadap kelimpahan dan distribusi fitoplankton sangat diperlukan karena kelimpahan plankton sering dikaitkan dengan kesuburan perairan, untuk itu diperlukan informasi tentang kondisi sumberdaya dalam upaya pengelolaan perairan secara optimal.

Disadari bahwa tulisan ini masih banyak kekurangannya, tetapi penulis berharap semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat untuk pengembangan penelitian-penelitian selanjutnya.

Bogor, April 2001

Penulis



## UCAPAN TERIMA KASIH

Segala kemuliaan bagi Yesus Kristus yang telah turut bekerja dalam segala sesuatu untuk mendatangkan kebaikan bagi penulis. Penulis menyadari bahwa rampungnya tulisan ini tak terlepas dari bimbingan, arahan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis menghaturkan terima kasih dan hormat kepada :

1. Dr. Ir. Richardus F. Kaswadi, MSc dan Dr. Ir. Enan M. Adiwilaga selaku ketua dan anggota komisi pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran sejak penulisan proposal, pelaksanaan penelitian sampai selesainya penulisan tesis ini.
2. Seluruh staf Program Studi Ilmu Kelautan PPS-IPB yang banyak membantu penulis selama studi hingga selesai.
3. Ketua Program studi Ilmu Kelautan Dr. Ir. Mulia Purba, MSc atas segala bantuan dan motivasi yang diberikan selama ini.
4. Rektor Universitas Sam Ratulangi Prof. Dr. Ir. J. Paruntu, dan Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi Prof. Dr. Ir. S. Berhimon atas izin dan dorongan moril yang diberikan.
5. BPPS-DIKTI atas bantuan biaya pendidikan selama mengikuti Program Magister di Institut Pertanian Bogor.
6. Dr.Ir. Daniel Limbong, MSc, dan Dr. Ir. Inneke F.M. Rumengan, MSc, yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi dan doa bagi penulis.

Hak Cipta Hibridologi (Lustrasi) Udayana  
1. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan dan menyediakan sumber  
2. Pengutipan harus mencantumkan sumber, penulisan, penyuntingan, penulisan kembali, penyuntingan kembali atau ringkasan untuk masalah  
3. Tidak diperbolehkan untuk memperjualbelikan atau menyewakan karya tulis ini dengan tujuan apapun tanpa izin IPB University  
4. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dengan tujuan apapun tanpa izin IPB University

7. Dr. Ir. D. Mantiri, DES.DEA, Dr. Ir. R. Ch. Kepel DEA, Ir. J. Paulus, Ir. Natalie Rumampuk, MSi, Ir. Deske Sumilat, MSc, Syeni, Jonly, Danny, Hengki, yang telah banyak membantu pelaksanaan di laboratorium dan di lapangan, serta Dr. Ir. Janny Kusen, MSc, Dr. Ir. R.E.P. Mangindaan, MSc, dan Ir. Gybert Mamujaja, Dipl.Ing, yang telah meminjamkan alat yang dibutuhkan selama penelitian.
8. Ir. Agus Sediadi, MSi yang banyak meminjamkan literatur, Ir. Chair Rani, MSi, dan Ir. Muh. Hatta, MSi yang telah membantu dalam pengolahan data juga Ir. Emil Reppie, MSc, Ir. Recky Telleng, MSi, Ir. Jane Mamujaja, MSc, Ir. Simon Tubalawoni, MSi, Ir. Rasyid Ridho, MSi, dan Ir. Nur Asia Umar, terima kasih atas segala bantuannya.
9. Untuk rekan-rekan Asrama Sam Ratulangi Bogor Baru II (Ibu Adel encik Fitje, Rini, Rino, Shirley, Nita, Cathrien, Nerni, Nini, Ari, Mus, Charles, Ewin, Anan) dan rekan-rekan di Alam Sari (Cibeureum), terima kasih untuk segala pengertian dan kebersamaan yang tercipta selama ini serta doa dan motivasi yang sudah diberikan. Tuhan memberkati kalian semua.
10. Buat Papi (Alm), Mami, Oma, Femmy, Recky, Hetty, Danny, terima kasih atas semua cinta, kesetiaan dan doa yang sudah diberikan, aku sangat mencintai kalian semua.

11. Untuk Kel. Dr. Fifky Kandou-Pantow, Kel. Drs. Palempung-Liwe, Kel. Halim-Ekel, terima kasih untuk semua bantuan, perhatian dan kasih sayang yang diberikan, kalian sungguh sangat memberi motivasi.
12. Rekan-rekan Mahasiswa IKL-97 dan IKL-98, terima kasih buat waktu-waktu yang kita lewati bersama, dan untuk semua pihak yang tak dapat disebut namanya satu persatu terima kasih banyak atas segala bantuan dan doa yang sudah diberikan selama ini, Tuhan memberkati.

Mak Cipra Muthi (Mahasiswa) adalah:  
1. Mahasiswa yang sudah selesai kuliah dan sedang mencari kerja  
2. Mahasiswa yang sudah selesai kuliah dan sedang mencari kerja  
3. Mahasiswa yang sudah selesai kuliah dan sedang mencari kerja  
4. Mahasiswa yang sudah selesai kuliah dan sedang mencari kerja  
5. Mahasiswa yang sudah selesai kuliah dan sedang mencari kerja  
6. Mahasiswa yang sudah selesai kuliah dan sedang mencari kerja  
7. Mahasiswa yang sudah selesai kuliah dan sedang mencari kerja  
8. Mahasiswa yang sudah selesai kuliah dan sedang mencari kerja  
9. Mahasiswa yang sudah selesai kuliah dan sedang mencari kerja  
10. Mahasiswa yang sudah selesai kuliah dan sedang mencari kerja

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
RINGKASAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH .....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Tujuan dan kegunaan penelitian.....	4
1.3. Hipotesa.....	5
1.4. Pendekatan masalah .....	5
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Pengertian plankton dan manfaatnya.....	7
2.2. Kelimpahan dan distribusi fitoplankton.....	10
2.3. Klorofil fitoplankton.....	14
2.4. Indeks diversitas.....	17
2.5. Paramater fisika kimia perairan.....	19

Halaman ini adalah bagian dari dokumen yang digunakan untuk keperluan akademik dan penelitian. Untuk lebih jelasnya, silakan kunjungi website kami di [www.ipb.ac.id](http://www.ipb.ac.id).  
 a. Pengutipan harus disertai dengan informasi yang akurat, termasuk nama penulis, judul, dan tahun terbit.  
 b. Pengutipan tidak boleh mengutip secara langsung atau secara tidak langsung tanpa izin dari pihak yang bersangkutan.  
 c. Hal-hal yang berkaitan dengan hak cipta dan kekayaan intelektual lainnya akan dipertahankan oleh pihak yang bersangkutan.

3.	<b>BAHAN DAN METODE</b> .....	36
3.1.	Deskripsi lokasi dan waktu penelitian.....	36
3.2.	Lokasi pengamatan.....	36
3.3.	Metode pengambilan contoh dan pengukuran parameter fisika kimia.....	38
3.4.	Analisa data.....	41
4.	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	45
4.1.	Kondisi lingkungan.....	45
4.2.	Komposisi jenis dan kelimpahan fitoplankton.....	64
4.3.	Hubungan antara parameter fisika kimia air dengan kelimpahan fitoplankton.....	75
4.4.	Hubungan antara parameter fisika kimia air dengan kandungan klorofil-a.....	81
4.5.	Distribusi fitoplankton.....	88
5.	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	93
5.1.	Kesimpulan.....	93
5.2.	Saran.....	94
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	95

**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Parameter fisika kimia air yang diukur serta alat yang digunakan .....	38
2. Kisaran dan rata-rata suhu (°C) pada setiap stasiun selama penelitian.....	45
3. Kisaran dan rata-rata salinitas (‰) pada setiap stasiun selama penelitian.....	48
4. Kisaran dan rata-rata kecerahan (m) pada setiap stasiun selama penelitian.....	51
5. Kisaran dan rata-rata kecepatan arus (cm/det) pada setiap stasiun selama penelitian.....	53
6. Kisaran dan rata-rata derajat keasaman (pH) pada setiap stasiun selama penelitian.....	55
7. Kisaran dan rata-rata oksigen terlarut (ppm) pada setiap stasiun selama penelitian.....	57
8. Kisaran dan rata-rata nitrat (ppm) pada setiap stasiun selama penelitian.....	59
9. Kisaran dan rata-rata fosfat (ppm) pada setiap stasiun selama penelitian.....	61
10. Kisaran dan rata-rata kelimpahan fitoplankton (sel/l) pada setiap stasiun selama penelitian.....	65
11. Kisaran Indeks Shannon (bits) pada setiap stasiun selama penelitian.....	68
12. Kisaran dan rata-rata klorofil-a (µg/ml) pada setiap stasiun selama penelitian.....	70
13. Nilai rata-rata parameter fisika kimia pada masing-masing kategori relatif (rendah, sedang, tinggi) terhadap kelimpahan fitoplankton di perairan Teluk Manado selama penelitian.....	77

14.	Koefisien dan struktur matriks setiap parameter pada masing-masing fungsi diskriminan kelimpahan fitoplankton di perairan Teluk Manado selama penelitian.....	77
15.	Nilai rata-rata parameter fisika kimia pada masing-masing kategori relatif (rendah, sedang, tinggi) terhadap kandungan klorofil-a di perairan Teluk Manado selama penelitian.....	84
16.	Koefisien dan struktur matriks setiap parameter pada masing-masing fungsi diskriminan kandungan klorofil-a di perairan Teluk Manado selama penelitian.....	84
17.	Persentase Bacillariophyceae (diatom), Dymnophyceae (dinoflagellata), dan Cyanophyceae antar stasiun selama penelitian.....	90

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>		<b>Halaman</b>
1.	Kerangka pendekatan masalah.....	6
2.	Peta lokasi penelitian.....	37
3.	Suhu (°C) air laut pada masing-masing stasiun di perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).....	47
4.	Kadar salinitas (‰) pada masing-masing stasiun di perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).....	49
5.	Kecerahan (m) pada masing-masing stasiun di perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).....	52
6.	Kecepatan arus (cm/det) pada masing-masing stasiun di perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).....	54
7.	Derajat keasaman (pH) pada masing-masing stasiun di perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).....	56
8.	Konsentrasi oksigen terlarut (mg/l) pada masing-masing stasiun di perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).....	58
9.	Konsentrasi nitrat (mg/l) pada masing-masing stasiun di perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).....	60
10.	Konsentrasi fosfat (mg/l) pada masing-masing stasiun di perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).....	63

Hak Cipta: Ditundung Undang-Undang  
 1. Dilindungi sebagai hak cipta sesuai dengan ketentuan yang berlaku  
 2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penerbitan, dan lain-lain  
 3. Tidak diperdikan untuk tujuan komersial atau tujuan lainnya  
 4. Pengutipan tidak mengimplikasikan persetujuan dari IPB University  
 5. Dilarang mengutip, menyalin, dan menyebarkan ulang tanpa izin dari IPB University



Hak Cipta: Perundang-undangan  
 1. Dilindungi sebagai hak cipta oleh Departemen Kebudayaan dan Komunikasi, nomor 1  
 2. Pengalihan hak cipta kepada lembaga penelitian, penyelenggara pendidikan, penyelenggara perpustakaan, lembaga kebudayaan, yayasan, lembaga riset atau lembaga nirlaba  
 3. Pengalihan hak cipta kepada lembaga yang bukan IPB University  
 4. Dilindungi sebagai hak cipta oleh Departemen Kebudayaan dan Komunikasi, nomor 1 dan 2  
 5. Dilindungi sebagai hak cipta oleh Departemen Kebudayaan dan Komunikasi, nomor 1 dan 2  
 6. Dilindungi sebagai hak cipta oleh Departemen Kebudayaan dan Komunikasi, nomor 1 dan 2  
 7. Dilindungi sebagai hak cipta oleh Departemen Kebudayaan dan Komunikasi, nomor 1 dan 2  
 8. Dilindungi sebagai hak cipta oleh Departemen Kebudayaan dan Komunikasi, nomor 1 dan 2  
 9. Dilindungi sebagai hak cipta oleh Departemen Kebudayaan dan Komunikasi, nomor 1 dan 2  
 10. Dilindungi sebagai hak cipta oleh Departemen Kebudayaan dan Komunikasi, nomor 1 dan 2

11.	Kelimpahan fitoplankton (sel/l) pada masing-masing stasiun di perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku) .....	67
12.	Indeks Shannon (bits) pada masing-masing stasiun di perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku) .....	69
13.	Kandungan klorofil-a pada masing-masing stasiun di perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku) .....	72
14.	Analisis diskriminan kelimpahan fitoplankton .....	76
15.	Analisis diskriminan kandungan klorofil-a .....	82
16.	Histogram persentase klas fitoplankton pada setiap stasiun selama penelitian .....	89
17.	Analisis faktorial koresponden sebaran fitoplankton .....	91

## DAFTAR LAMPIRAN

Lamp		Halaman
1.	Hasil pengukuran parameter fisika kimia di perairan Teluk Manado pada 6 stasiun selama 4 kali pengamatan.....	102
2.	Genus dan kelimpahan fitoplankton di perairan Teluk Manado pada minggu pengamatan I (sel/I)...	103
3.	Genus dan kelimpahan fitoplankton di perairan Teluk Manado pada minggu pengamatan II (sel/II)...	104
4.	Genus dan kelimpahan fitoplankton di perairan Teluk Manado pada minggu pengamatan III (sel/III)..	105
5.	Genus dan kelimpahan fitoplankton di perairan Teluk Manado pada minggu pengamatan IV (sel/IV).	106
6.	Analisis diskriminan kelimpahan fitoplankton di perairan Teluk Manado selama penelitian.....	107
7.	Analisis diskriminan kandungan klorofil-a di perairan Teluk Manado selama penelitian.....	110
8.	Dugaan koefisien regresi antara total kandungan klorofil-a (Y) dengan beberapa klas fitoplankton dan total kelimpahan fitoplankton (X).....	113
9.	Fitoplankton yang ditemukan di perairan Teluk Manado.....	115
10.	Pelaksanaan penelitian.....	117

Hak Cipta Ditanggung Ulasarang Undang  
 1. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan dan memperbolehkan nomor 1  
 2. Pengutipan harus mencantumkan sumber, penulisan, penulisan karya ilmiah, penulisan karya ilmiah, penulisan karya ilmiah, penulisan karya ilmiah  
 3. Pengutipan tidak boleh mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dengan tujuan untuk diperjual belikan atau untuk tujuan komersial  
 4. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dengan tujuan untuk diperjual belikan atau untuk tujuan komersial

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar belakang

Indonesia memiliki sumberdaya hayati yang beranekaragam, dan upaya ke arah pengembangan potensi sumberdaya laut sampai saat ini terus diusahakan. Tetapi pemanfaatan sumberdaya alam tanpa mempertimbangkan konsep keseimbangan ekologi akan mendatangkan malapetaka bagi manusia dan ekosistem yang ada. Untuk itu pengelolaan terhadap pemanfaatan dan pengembangan pesisir dan lautan perlu diusahakan dengan menerapkan konsep pembangunan yang berwawasan lingkungan.

Salah satu sumberdaya hayati yang mempunyai peranan dalam ekosistem laut adalah plankton. Pada awalnya penelitian plankton di laut hanya untuk memenuhi keingintahuan peneliti akan aneka jenis biota tersebut, namun pada masa kini plankton sudah dianggap sebagai salah satu unsur penting dalam ekosistem bahari baik positif maupun negatif bila di lihat melalui kaca mata manusia. Keberadaan plankton sangat mempengaruhi kehidupan di perairan karena memegang peranan penting sebagai makanan bagi berbagai organisme laut, juga merupakan pemasok oksigen terbesar di bumi. Di antara tumbuhan bahari, fitoplankton mengikat bagian terbesar dari energi walaupun fitoplankton hanya menghuni suatu lapisan permukaan yang tipis dimana terdapat cukup cahaya matahari. Perkembangan komunitas fitoplankton ini dapat dijadikan

Hak Cipta: Pendidikan, Penelitian, dan Pengabdian Masyarakat  
1. Dilakukan dengan tujuan untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan penyediaan bahan untuk keperluan akademik.  
2. Tidak diperjualbelikan dan tidak dapat digunakan untuk tujuan komersial.  
3. Tidak dapat digunakan untuk tujuan politik atau agama.  
4. Tidak dapat digunakan untuk tujuan yang melanggar hukum.  
5. Tidak dapat digunakan untuk tujuan yang melanggar peraturan perundang-undangan yang berlaku.  
6. Tidak dapat digunakan untuk tujuan yang melanggar peraturan perundang-undangan yang berlaku.  
7. Tidak dapat digunakan untuk tujuan yang melanggar peraturan perundang-undangan yang berlaku.  
8. Tidak dapat digunakan untuk tujuan yang melanggar peraturan perundang-undangan yang berlaku.  
9. Tidak dapat digunakan untuk tujuan yang melanggar peraturan perundang-undangan yang berlaku.  
10. Tidak dapat digunakan untuk tujuan yang melanggar peraturan perundang-undangan yang berlaku.



dapat menimbulkan peningkatan nilai kuantitatif plankton melampaui batas normal yang dapat ditolerir oleh organisme hidup lainnya. Kondisi ini dapat menimbulkan dampak negatif berupa kematian massal organisme perairan akibat persaingan penggunaan oksigen terlarut seperti yang terjadi di berbagai perairan di dunia dan beberapa perairan Indonesia (Wiadnyana, 2000). Untuk itu pemanfaatan wilayah pesisir harus dikelola secara terpadu dengan berlandaskan aspek ekonomi, ekologi dan pelestarian alam.

Teluk Manado terletak di bagian barat Kota Manado Propinsi Sulawesi Utara. Teluk Manado selain merupakan daerah yang penting bagi nelayan karena telah lama dijadikan sebagai areal penangkapan sumberdaya hayati perikanan untuk kebutuhan pangan, juga merupakan tempat lalu lintas kapal, dan tempat bermuaranya beberapa sungai. Arinardi (1997) menyatakan bahwa perairan ini merupakan bagian dari laut Sulawesi dimana sepanjang tahun laut Sulawesi menerima pasokan massa air yang berasal dari Samudra Pasifik melalui selatan Pulau Mindanau Filipina. Di lain pihak Teluk Manado telah mengalami modifikasi bila ditinjau dari segi aktivitas masyarakat penghuni kawasan tersebut, dan ada kecenderungan aktivitas tersebut akan meningkat di masa mendatang sesuai dengan laju pembangunan saat ini. Dengan demikian pemanfaatannya harus didukung dengan adanya informasi mengenai potensi perairan tersebut agar dapat digunakan seoptimal mungkin dan



untuk mempermudah dalam pengelolaan. Selain itu, dengan makin pesatnya perkembangan pembangunan maka upaya penyajian informasi sumberdaya perikanan terbaru mutlak diperlukan untuk memenuhi permintaan akan informasi yang lebih rinci dan akurat oleh para perencana pembangunan perikanan. Salah satu informasi yang dianggap penting adalah kelimpahan dan distribusi fitoplankton di perairan Teluk Manado mengingat keberadaan fitoplankton peranannya sangat besar yang berpengaruh pada rantai energi selanjutnya, juga terdapat hubungan yang positif antara kelimpahan fitoplankton dengan kesuburan perairan dimana jika kelimpahan fitoplankton di suatu perairan tinggi maka perairan tersebut cenderung mempunyai produktivitas yang tinggi pula. Ketersediaan informasi tentang keberadaan fitoplankton di perairan ini masih kurang, untuk itu sebagai upaya dalam rangka mendapatkan informasi tentang kelimpahan dan distribusi fitoplankton tersebut maka penelitian ini dilaksanakan.

## 1.2. Tujuan dan kegunaan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran fitoplankton laut berdasarkan komposisi jenis dan kelimpahannya, serta menentukan kaitan antara kelimpahan fitoplankton dan kandungan klorofil-a dengan kondisi hidrooseanografi yang mencakup suhu, salinitas, kecerahan, kecepatan arus, pH, oksigen terlarut, kadar nitrat dan fosfat.



Informasi ini diharapkan memberi manfaat dalam upaya pengelolaan perairan secara optimal, juga dapat diperoleh gambaran tentang kondisi sumberdaya pada saat sekarang dan akan datang.

### 1.3. Hipotesis

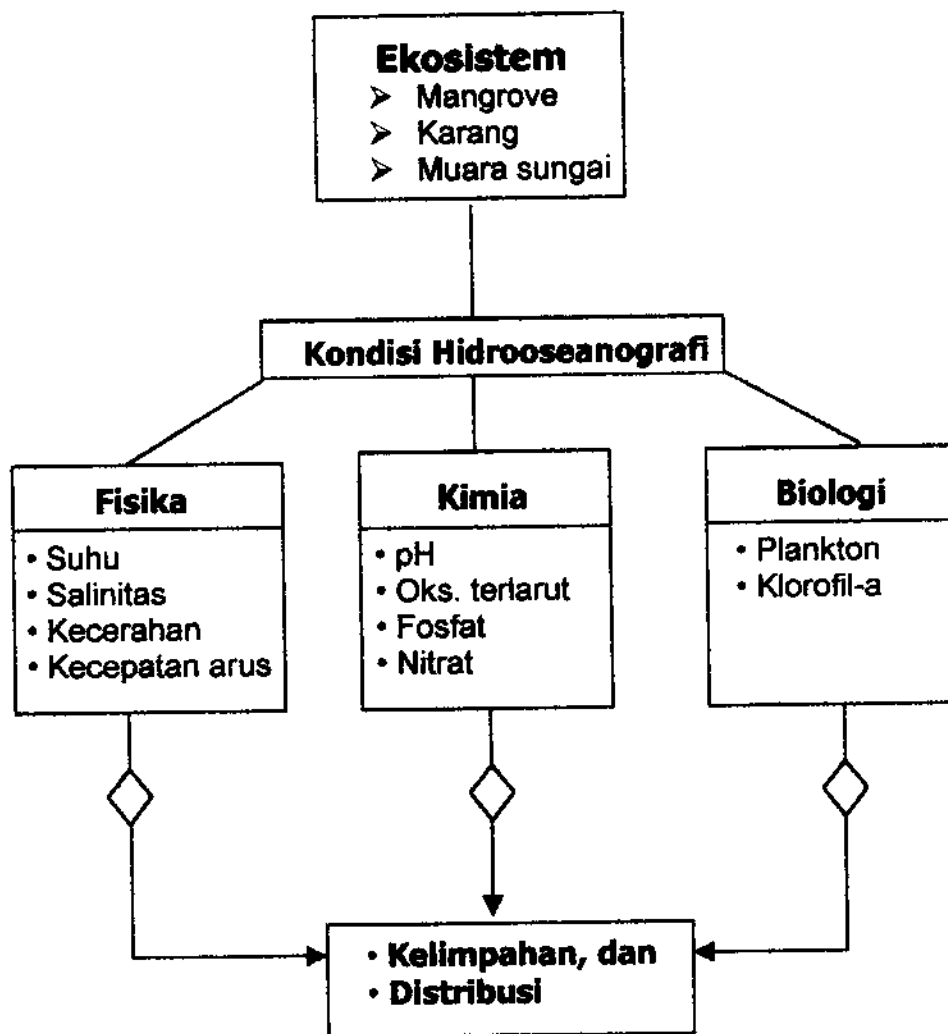
Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah parameter fisika-kimia perairan yaitu suhu, salinitas, fosfat dan nitrat berpengaruh terhadap peningkatan kelimpahan fitoplankton serta kandungan klorofil-a.

### 1.4. Pendekatan masalah

Laut dan sumberdaya alam yang dikandungnya dipahami secara luas sebagai suatu sistem dalam biosfer memiliki nilai guna bagi kehidupan manusia. Adanya sumberdaya hayati dan nirhayati menyediakan peluang panen bahan pangan untuk memenuhi kebutuhan protein yang bermanfaat bagi manusia. Dengan demikian laut merupakan lingkungan alam yang penting.

Dengan berkembangnya permukiman di wilayah pantai Teluk Manado, maka perairan ini akan mendapatkan dampak dari kegiatan masyarakat sekitar terutama dari kota Manado. Dampak ini antara lain sampah buangan dari darat yang masuk melalui aliran sungai maupun sampah yang bertumpukan di sepanjang pantai kota Manado, serta sampah dari kapal-kapal yang berlabuh di dermaga, dan lain-lain. Untuk itu

perlu dikaji keterkaitan antara karakteristik fisika-kimia perairan terhadap kelimpahan dan distribusi fitoplankton. Kerangka pendekatan masalah serta parameter-parameter yang perlu dianalisa dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pendekatan masalah



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pengertian plankton dan manfaatnya

Plankton meliputi biota yang hidup terapung atau terhanyut di daerah pelagik. Nama plankton pertama kali diperkenalkan oleh Hensen tahun 1887 yang berasal dari kata Yunani dan mengandung arti pengembara. Organisme ini biasanya relatif kecil atau mikroskopis. Plankton merupakan organisme yang pada umumnya berukuran renik, hidup melayang dalam air dengan kemampuan gerak yang lemah sehingga perpindahannya banyak ditentukan oleh pergerakan air (Odum, 1971). Menurut Sverdrup *et al.* (1972) plankton merupakan kumpulan organisme baik hewan maupun tumbuhan yang berukuran mikroskopis dan hidup terapung atau melayang-layang mengikuti arus air.

Plankton dikelompokkan berdasarkan ukuran (plankton non-net, plankton net), berdasarkan habitat (haliplankton, limnoplankton) dan berdasarkan daur hidup (holoplankton, meroplankton). Nybakken (1992) membagi plankton menjadi lima kelompok berdasarkan ukurannya yaitu megaplankton (berukuran lebih besar dari 2 mm), makroplankton (berukuran antara 0.2-2 mm), mikroplankton (ukuran antara 20-200  $\mu\text{m}$ ), nanoplankton (ukuran antara 2-20  $\mu\text{m}$ ), dan ultraplankton (kurang dari 2  $\mu\text{m}$ ).

Meskipun fitoplankton membentuk sejumlah besar biomassa di laut, kelompok ini hanya diwakili oleh beberapa filum saja. Sebagian besar

bersel satu dan mikroskopik, dan mereka termasuk filum Chrysophyta, yakni alga kuning-hijau yang meliputi diatom dan kokolitofor (coccolithophore). Selain ini, terdapat beberapa jenis alga biru-hijau (Cyanophyta), alga coklat (Phaeophyta) dan satu kelompok besar dari Dinoflagellata (Pyrophyta), (Romimohtarto dan Juwana, 1999). Sedangkan menurut Davis (1955) fitoplankton yang hidup di air tawar maupun laut terdiri dari 5 kelompok besar (Phylum) yaitu Chlorophyta (ganggang hijau), Cyanophyta (ganggang biru), Chrysophyta, Pyrophyta, dan Euglenophyta. Fitoplankton bersifat kosmopolit namun kehadirannya bervariasi dari satu tempat ke tempat lain. Perbedaan ini disebabkan oleh keadaan kualitas air yang dapat mempengaruhi komposisi jenisnya.

Pentingnya peranan fitoplankton sebagai pengikat awal energi matahari menjadikan plankton sangat menentukan kelangsungan hubungan makan-memakan dalam kehidupan biota laut (Odum,1971). Tanpa adanya fitoplankton (yang berukuran renik dan mampu mengikat energi matahari) tidak mungkin ada kehidupan di dalam laut (Nybakken, 1992). Selain itu juga perairan laut yang meliputi sekitar 71 % dari luas permukaan bumi dan 50 – 70 % oksigen di dunia berasal dari hasil fotosintesis ganggang laut termasuk fitoplankton (Widjaja, 1994).

Dalam rantai makanan, sebagian besar fitoplankton mempunyai peran sebagai produsen utama dimangsa oleh zooplankton, kemudian zooplankton dimangsa oleh ikan kecil pemakan plankton dan selanjutnya

ikan-ikan kecil tersebut dimangsa oleh ikan karnivor yang lebih besar dan seterusnya. Jadi zooplankton merupakan organisme penting dalam pemanfaatan dan pemindahan energi karena zooplankton merupakan penghubung antara fitoplankton sebagai produsen dengan hewan-hewan lain dari tingkat trofik yang lebih tinggi. Oleh karena itu kelimpahan plankton sering dikaitkan dengan kesuburan perairan. Juga banyaknya meroplankton di perairan tertentu dapat digunakan sebagai petunjuk bahwa perairan itu merupakan tempat asuhan atau tempat pemijahan.

Kehidupan plankton terkait erat dengan lingkungannya seperti antara lain kebutuhan akan suhu tertentu sehingga dikenal plankton perairan tropis, perairan sedang, boreal dan artik. Dengan adanya keterkaitan ini keadaan plankton tipe tertentu di perairan dengan kondisi berbeda dapat digunakan sebagai indikator terjadinya pergerakan massa air. Sebagai contoh plankton yang sangat dikenal hidup di Laut Utara tetapi tiba-tiba dijumpai di Laut Mediterranean. Dalam kelompok Copepoda dikenal jenis indikator untuk air naik (upwelling indicator species) yaitu *Calanoides philippinensis* untuk Laut Banda. Pada tingkat tertentu diduga jenis dan kelimpahan plankton dapat digunakan untuk mengetahui adanya pencemaran, sebagai contoh *Skeletonema* sp akan melimpah di perairan yang kandungan organiknya berlebih. Dalam bidang obat-obatan diketahui bahwa *Asterionella japonica* dan *A. notata* mengandung antibiotik yang sama seperti penisilin dan streptomisin. Selain bermanfaat plankton juga



dapat merugikan manusia dan biota laut lainnya yaitu apabila terjadi ledakan populasi jenis plankton beracun terutama dinoflagellata yang dikenal sebagai *red tide* (Arinardi dkk., 1997).

Perhitungan plankton sangat penting karena fitoplankton merupakan produsen primer yang memberikan kontribusi terbesar terhadap produksi total di dalam ekosistem perairan. Menurut Raymont (1963) dimana terdapat hubungan yang positif antara kelimpahan fitoplankton dengan kesuburan perairan yaitu jika kelimpahan fitoplankton di suatu perairan tinggi maka perairan tersebut cenderung memiliki produktivitas yang tinggi pula. Selanjutnya Sachlan (1972) menambahkan bahwa, adanya konsentrasi fitoplankton yang besar di laut umumnya diikuti oleh banyaknya zooplankton serta konsumen primer lainnya seperti ikan, udang dan sebagainya.

## 2.2. Kelimpahan dan distribusi fitoplankton

Tinjauan tentang populasi fitoplankton dapat dilihat pada dua kategori yaitu kelimpahan individu dan komposisi jenis. Kelimpahan fitoplankton adalah jumlah sel fitoplankton per satuan volume air yang umumnya dinyatakan dalam jumlah sel fitoplankton per liter air.

Odum (1971) menyatakan bahwa kelimpahan plankton di suatu perairan sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan yang meliputi faktor fisika, kimia dan biologi. Faktor-faktor tersebut antara lain adalah

suhu, kekeruhan, kecerahan, pH, gas-gas terlarut, unsur hara dan adanya interaksi dengan organisme lain. Selanjutnya Wiadnyana (1993) menunjukkan bahwa di Teluk Kao perubahan kepadatan dan komunitas plankton dapat terjadi pada skala ruang secara mikro. Perubahan komunitas plankton dapat terjadi akibat proses adaptasi plankton pada kondisi hidrologi dan tekanan predator. Akhirnya perpaduan dari kedua faktor tersebut dan lain-lain akan berperan di dalam proses perubahan komunitas plankton.

Deisman (1939) dapat dianggap sebagai peneliti pelopor yang menghubungkan plankton dengan faktor lingkungannya. Dikatakan bahwa fitoplankton umumnya lebih padat di perairan dekat pantai dan makin berkurang pada perairan yang kearah laut lepas (Arinardi, 1997). Sedangkan menurut Nontji (1984) fitoplankton dengan kelimpahan tinggi umumnya terdapat di perairan sekitar muara sungai atau di perairan lepas pantai dimana terjadi up-welling. Di kedua lokasi ini terjadi proses penyuburan karena masuknya zat hara ke dalam lingkungan tersebut. Di depan muara sungai banyak zat hara datang dari daratan yang dialirkan oleh sungai ke laut, sedangkan di daerah dimana terjadi up-welling zat hara terangkat dari lapisan lebih dalam yang kaya zat hara ke arah permukaan.

Plankton di laut tidak tersebar merata melainkan hidup secara berkelompok (*patchiness*). Dari hasil pengamatan diketahui bahwa

pengelompokan plankton dapat terjadi pada jarak kurang dari 20 meter (berskala kecil) atau dapat juga mencapai beberapa kilometer (berskala besar). Penyebab terjadinya pengelompokan plankton secara garis besar dibedakan atas pengaruh fisik dan pengaruh biologi. Pengaruh fisik dapat disebabkan oleh turbulensi atau adveksi (pergerakan massa air yang besar) yang mengandung plankton didalamnya. Angin dapat pula menyebabkan terkumpulnya plankton pada tempat tertentu seperti sepanjang pantai di bawah angin (*leeward side*). Pengaruh biologi terjadi apabila terdapat perbedaan pertumbuhan antara laju pertumbuhan fitoplankton dan kecepatan difusi untuk menjauhi kelompoknya. Juga zooplankton yang memangsa fitoplankton mempengaruhi pengelompokan fitoplankton. Sebagai akibat adanya proses fisik dan kimia di perairan pantai, berkelompoknya plankton lebih sering di jumpai di perairan neritik terutama perairan yang dipengaruhi oleh estuari dari pada perairan oseanik (Arinardi *dkk.*, 1997).

Produktivitas perairan pantai ditentukan oleh beberapa faktor seperti arus pasang surut, morfo-geografi setempat dan proses fisik dari lepas pantai. Sementara adanya pulau-pulau akan menyumbangkan produksi hayati yang lebih tinggi karena terjadinya pengayaan yang disebabkan oleh turbulensi (pengadukan air), penaikan massa air di selat antar dua pulau atau lebih dan aliran air sungai ke perairan pantai. Lingkungan yang tidak menguntungkan bagi plankton dapat menyebabkan jumlah

individunya berkurang, sehingga keadaan ini akan mempengaruhi kesuburan suatu perairan. Pada suatu perairan sering didapatkan adanya jumlah individu plankton yang berlimpah pada suatu stasiun sedangkan pada stasiun lainnya di perairan yang sama jumlah tersebut sangat sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi horisontal plankton di suatu perairan tidak merata. Perbedaan distribusi kelimpahan plankton bukan saja terjadi secara horisontal tetapi juga secara vertikal.

Di perairan tropis terutama perairan Indonesia, penurunan dan peningkatan kelimpahan plankton berlangsung sepanjang tahun. Penyebab perubahan ini belum dapat diketahui dengan pasti dan kelimpahan maksimum dan minimum ini juga tidak mencolok serta terjadi beberapa kali secara bergantian sepanjang tahun. Di Teluk Jakarta, puncak kelimpahan fitoplankton biasanya terjadi sebulan atau dua bulan sesudah curah hujan yang lebat dan bulan-bulan berikutnya diikuti oleh kelimpahan zooplankton. Perubahan kelimpahan plankton biasanya tidak selalu menyebabkan perubahan komposisi jenis melainkan intensitas dari masing-masing jenis itu yang bertambah atau berkurang (Arinardi *dkk.*, 1997).

Hasil penelitian Mokaie (1997) di perairan Teluk Manado ditemukan 23 genera fitoplankton diatom yang sebagian besar tergolong ordo centrales. Dari 23 genera tersebut terdapat 6 genera yang sering ditemukan yaitu *Chaetoceros*, *Rhizosolenia*, *Thalassionema*,

*Coscinodiscus*, *Bacteriastrium* dan *Thalassiothrix*. Untuk distribusi vertikal diatom, diketahui bahwa pada lapisan kedalaman 0 – 50 meter memiliki kepadatan yang tinggi baik siang maupun malam hari.

### 2.3. Klorofil fitoplankton

Klorofil adalah katalisator fotosintesis yang penting dan terdapat sebagai pigmen hijau dalam jaringan tumbuhan fotosintesis. Zat ini terdapat pada kloroplas dalam jumlah yang relatif banyak, sering terikat longgar dengan protein, tetapi mudah diekstraksi dalam pelarut lipida seperti aseton dan eter (Harborne, 1987). Strickland dan Parsons (1972) mengatakan saat sekarang metode kimia yang cepat untuk mengetahui tumbuhan hidup dalam bahan organik partikulat air laut adalah menentukan karakteristik pigmen tumbuhan yaitu klorofil, karoten, dan xantofil. Jumlah bahan organik sehubungan dengan kuantitas pigmen tumbuhan tertentu sangat bervariasi tergantung pada kelas fitoplankton dan keadaan nutrisinya.

Di dalam laut fitoplankton memegang peranan terpenting sebagai produsen primer, karena merupakan komponen utama tumbuhan yang mengandung klorofil. Pigmen fitoplankton yang sering digunakan dalam mempelajari produktivitas perairan adalah klorofil-a. Kandungan klorofil-a dapat digunakan sebagai petunjuk nilai potensi fotosintetik (Wiadnyana, 1997). Untuk menentukan banyaknya fitoplankton di suatu perairan pada





menggunakan semua cahaya dalam spektrum tampak. Pada panjang gelombang 400-700 nm, cahaya yang diabsorpsi oleh pigmen fitoplankton dapat dibagi dalam cahaya dengan panjang gelombang lebih dari 600 nm terutama diabsorpsi oleh klorofil, dan cahaya dengan panjang gelombang kurang dari 600 nm terutama diabsorpsi oleh pigmen-pigmen pelengkap/tambahan (Levinton, 1982). Dengan adanya perbedaan kandungan pigmen pada setiap jenis plankton maka jumlah cahaya matahari yang diabsorpsi oleh setiap plankton akan berbeda-beda. Keadaan ini berpengaruh terhadap tingkat efisiensi fotosintesa. Fujita (1970) dalam Parsons *et al.* (1984) mengklasifikasikan alga laut berdasarkan efisiensi fotosintesa oleh pigmen dalam :

- a. Tipe klorofil a dan b untuk alga hijau dan euglenoid
- b. Tipe klorofil a, c dan carotenoid untuk diatom, dinoflagellata dan alga coklat
- c. Tipe klorofil-a dan ficobilin untuk alga merah dan alga hijau biru.

Tinggi rendahnya konsentrasi klorofil fitoplankton dapat digunakan sebagai petunjuk kelimpahan sel fitoplankton dan juga potensi organik di perairan tertentu. Perairan Indonesia dengan nilai klorofil yang tinggi hampir selalu berkaitan dengan adanya pengadukan dasar perairan, dampak sungai serta berlangsungnya proses penaikan air lapisan agak dalam ke permukaan. Walaupun belum semua data klorofil diperoleh dari perairan Indonesia namun dari data yang tersedia, Nontji (1974) telah

menghitung nilai rata-rata untuk seluruh perairan Indonesia yaitu sebesar  $0,19 \text{ mg/m}^3$ . Dari pengolahan data itu didapatkan bahwa nilai rata-rata dalam musim timur ( $0,24 \text{ mg/m}^3$ ) lebih besar dari pada yang di musim barat ( $0,16 \text{ mg/m}^3$ ). Menurut Cullen *et al.* (1992), konsentrasi klorofil-a dan nilai produksi primer meningkat sepanjang equator dimana flux nutrien vertikal dipengaruhi oleh upwelling pada divergensi equator.

#### 2.4. Indeks diversitas

Penyebaran dan kepadatan fitoplankton di suatu perairan tergantung pada sifat perairan tersebut. Fitoplankton terdiri dari beberapa genus dimana masing-masing genus mempunyai kepekaan dalam memanfaatkan faktor lingkungan (sifat fisika-kimia air) secara efektif. Perbedaan kepekaan masing-masing genus terhadap faktor lingkungan menyebabkan terjadinya dominasi dan keanekaragaman jenis fitoplankton dalam suatu perairan. Keanekaragaman jenis ini biasanya dinyatakan dengan suatu indeks yaitu indeks diversitas (Odum, 1971). Indeks diversitas adalah suatu pernyataan secara matematik yang melukiskan struktur komunitas dan bisa mempermudah dalam menganalisa informasi tentang jenis dan jumlah organisme yang ada dalam suatu komunitas (Revelente dan Gilmartin, 1980). Indeks ini juga digunakan untuk mengetahui keanekaragaman taksa biota perairan. Keanekaragaman suatu komunitas fitoplankton dapat dinyatakan dengan menggunakan data

dari jumlah spesies yang ada, distribusi dari biomassa, komposisi pigmen atau jumlah parameter lain yang dengan mudah bisa mengukur fitoplankton. Indeks diversitas yang umum dipakai adalah indeks diversitas dari Shannon Weaver dengan satuan bits. Nilai indeks diversitas berkisar antara 0 - 1 berarti bahwa di perairan terjadi dominasi dari salah satu jenis fitoplankton atau keanekaragaman komunitas rendah, dengan kata lain perairan kurang stabil. Nilai indeks diversitas berkisar antara 1 – 3 berarti keanekaragaman sedang atau perairan cukup stabil, sedangkan nilai indeks diversitas lebih besar dari 3 berarti bahwa keanekaragaman tinggi atau perairan stabil (Parsons *et al.*, 1984). Nilai indeks makin tinggi, berarti komunitas plankton di perairan itu makin beragam dan tidak didominasi oleh satu atau dua taksa saja. Semakin besar jumlah spesies serta semakin kaya dan seimbang distribusi di antara spesiesnya akan meningkatkan keanekaragaman spesies yang diukur dengan indeks tersebut di atas. Legendre dan Legendre (1983), menetapkan jika  $H = 0$  maka komunitas akan terdiri dari satu spesies/jenis tunggal. Nilai  $H$  akan mendekati maksimum jika semua spesies terdistribusi secara merata dalam komunitas.

## 2.5. Parameter fisika-kimia perairan

Sverdrup (1955) dalam Kaswadji dkk. (1995) menyatakan bahwa proses biologi di laut banyak dipengaruhi oleh proses-proses fisik. Parameter fisik-kimia merupakan komponen ekosistem abiotik yang merupakan wadah atau media bagi kehidupan suatu organisme. Beberapa faktor fisik-kimia yang terdapat di dalam suatu ekosistem perairan yang umumnya dapat diamati secara visual antara lain suhu, salinitas, daya tembus sinar matahari, kekeruhan, gerakan massa air (arus), dan sebagainya.

Lingkungan laut selalu berubah atau dinamis. Kadang-kadang perubahan lingkungan ini lambat, seperti datangnya jaman es yang memakan waktu ribuan tahun. Kadang-kadang cepat seperti datangnya hujan badai yang menumpahkan air tawar dan mengalirkan endapan lumpur dari darat ke laut. Cepat atau lambatnya perubahan itu sama-sama mempunyai pengaruh, yakni kedua sifat perubahan tersebut akan mengubah intensitas faktor-faktor lingkungan. Perubahan apapun yang terjadi akan baik bagi suatu kehidupan dan buruk bagi kehidupan yang lain. Karena dinamika atau terus berubahnya lingkungan ini, makhluk hidup juga akan berubah. Faktor-faktor lingkungan yang banyak mempengaruhi kehidupan di laut adalah gerakan air, suhu, salinitas dan cahaya (Romimohtarto dan Juwana, 1999).

### 2.5.1. Parameter fisika perairan

#### Suhu

Kinne (1964) dan Smith (1972) dalam Wiadnyana (1997), menyatakan kondisi hidrologis perairan yang mencakup suhu, salinitas, kadar fosfat dan nitrat dapat mempengaruhi perkembangan fitoplankton dan zooplankton secara bersamaan.

Menurut Wyrcki (1961) secara umum untuk wilayah tropis, massa air di lapisan permukaan mempunyai suhu yang tinggi dan salinitas yang rendah. Hal ini disebabkan oleh intensitas radiasi matahari yang tinggi dan curah hujan yang melebihi jumlah penguapan.

Suhu merupakan salah satu faktor penting dalam mengatur seluruh proses kehidupan dan penyebaran organisme. Suhu air berperan dalam menunjang pertumbuhan dan perkembangan maupun penurunan populasi plankton. Dengan demikian suhu air erat kaitannya dengan produktivitas di suatu perairan.

Faktor yang berperan besar atas nilai suhu air laut adalah curah hujan, suhu udara, penyinaran matahari, kecepatan angin dan penguapan. Proses kehidupan vital yang biasa disebut metabolisme hanya berfungsi dalam kisaran suhu tertentu (biasanya 0-40°C). Untuk suhu air permukaan di wilayah tropis berkisar antara 20-30°C (Nybakken, 1992). Perubahan suhu perairan akan mempengaruhi proses-proses biologi dan ekologi yang terjadi di dalam air dan pada akhirnya akan mempengaruhi komunitas

biologi di dalamnya. Suhu yang optimal bagi perkembangan fitoplankton adalah antara 20 - 30 °C. Suhu di perairan estuari memperlihatkan variasi musiman yang lebih jelas dari pada suhu air laut terbuka. Fluktuasi suhu ini dapat membatasi sebaran biota yang mempunyai sifat stenothermal yaitu kisaran suhu yang sempit (Arinardi *dkk.*, 1997).

### Salinitas

Kehidupan berbagai jenis fitoplankton dapat dipengaruhi oleh salinitas perairan, yaitu pada perubahan berat jenis air laut serta perubahan dalam tekanan osmosis. Pada perairan pantai salinitas mempunyai pengaruh besar terhadap suksesi suatu jenis fitoplankton. Variasi musiman suhu dan salinitas sangat mempengaruhi distribusi mendasar fitoplankton, zooplankton dan organisme lainnya (Sediadi, 1999). Menurut Nontji (1993), sebaran salinitas di laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan, dan aliran sungai. Perairan dengan tingkat curah hujan tinggi dan dipengaruhi oleh aliran sungai memiliki salinitas yang rendah, sedangkan perairan yang memiliki penguapan tinggi salinitas perairannya tinggi. Selain itu pola sirkulasi yang berperan dalam mensuplai massa air dengan karakteristik salinitas yang berbeda dari sumbernya akan mempengaruhi penyebaran salinitas di dalam perairan. Secara vertikal nilai salinitas air laut akan semakin besar dengan bertambahnya kedalaman.

Kalau suhu air permukaan mempunyai sebaran nilai yang hampir seragam, sebaliknya salinitas menunjukkan sebaran nilai yang sangat bervariasi. Fluktuasi salinitas itu tergantung pada macam-macam faktor seperti struktur geografi, aliran air sungai, sirkulasi air dan juga musim (curah hujan serta penguapan). Selama ini dapat disimpulkan bahwa salinitas dari Samudera Pasifik (lebih dari 34‰) sangat mempengaruhi perairan Indonesia karena sepanjang tahun massa air dari Samudera ini masuk ke Laut Sulawesi dan Laut Halmahera melalui perairan Filipina. Sedang Samudera Hindia diperkirakan tidak memberikan dampak berarti pada salinitas permukaan perairan Nusantara (Arinardi *dkk.*, 1997).

Wyrtki (1961), membedakan massa air permukaan di Asia Tenggara berdasarkan salinitasnya menjadi 3 golongan yaitu :

1. Air pantai dengan nilai salinitas kurang dari 32.0‰
2. Air campuran dengan salinitas antara 32.0 – 34.0‰
3. Air samudera dengan kadar salinitas lebih besar dari 34.0‰.

Salinitas di perairan pesisir berperan meningkatkan efektivitas pembentukan agregasi partikel tersuspensi dan mempercepat proses sedimentasi. Selain itu sifat toksik substansi kimia kaitannya dengan efek sinergistik, antagonistik dan aditif juga dipengaruhi oleh salinitas air laut (Sanusi, 1995). Salinitas perairan estuari biasanya lebih rendah dari pada



salinitas perairan sekelilingnya. Organisme laut umumnya bersifat stenohaline yaitu beradaptasi pada kisaran salinitas yang kecil (Odum, 1971).

### **Kecerahan**

Kecerahan, kekeruhan dan padatan tersuspensi dalam suatu perairan merupakan komponen sifat fisika perairan yang sulit dipisahkan pengaruhnya antara yang satu dengan yang lainnya. Menurut Parsons *et al.* (1984) kecerahan perairan menunjukkan kemampuan cahaya untuk menembus lapisan air pada kedalaman tertentu. Daya tembus cahaya ditentukan oleh banyaknya padatan tersuspensi dan jasad renik melayang, atau oleh kekeruhan dan warna air. Cahaya yang masuk ke perairan berperan sebagai sumber energi bagi pertumbuhan dan sebagai pengendali gerak fitoplankton pada lapisan air ; makin tinggi kecerahan makin dalam penetrasi cahaya matahari. Kecerahan yang tinggi merupakan syarat untuk berlangsungnya fotosintesis fitoplankton. Jadi intensitas cahaya sangat mempengaruhi nilai fotosintesis. Tingkat kekeruhan ditentukan berdasarkan banyaknya kandungan partikel-partikel tersuspensi di dalam kolom air. Tingkat kekeruhan air dapat mempengaruhi intensitas cahaya yang masuk ke dalam air. Disamping itu tingginya kekeruhan juga dapat mempengaruhi kenyamanan organisme di dalam perairan. Nilai Kekeruhan yang tinggi menyebabkan fitoplankton

tidak dapat melakukan fotosintesis dengan efektif, akibatnya zooplankton di daerah tersebut tidak dapat tumbuh dengan baik (Widjaja, 1994). Oleh karena itu muatan tersuspensi dalam perairan akan mempengaruhi proses fotosintesa. Strickland (1958) *dalam* Nontji (1984) menyatakan tebalnya zona eufotik kurang lebih tiga kali kedalaman secchi.

### Kecepatan Arus

Arus laut permukaan merupakan pencerminan langsung dari pola angin yang bertiup pada waktu itu. Jadi arus permukaan ini digerakkan oleh angin. Karena adanya gaya koriolis (Coriolis force), yakni gaya yang diakibatkan oleh perputaran bumi, maka arus di lapisan permukaan laut berbelok ke kanan dari arah angin dan arus di lapisan bawahnya akan berbelok lebih ke kanan lagi dari arah arus permukaan. Ini terjadi di belahan bumi utara. Di belahan bumi selatan terjadi hal sebaliknya (Romimohtarto dan Juwana, 1999).

Menurut Mann dan Lazier *dalam* Kaswadji *dkk.* (1995), turbulensi bisa berperan mengangkat nutrien yang terkumpul di bawah lapisan tercampur (mixed layer) akibat tenggelamnya bahan-bahan organik maupun anorganik. Arus dapat menyebabkan perubahan suhu dan salinitas serta menyebarkan bahan makanan.

Sverdrup *et al.* (1972) menurut proses pembentukannya ada tiga jenis arus laut yaitu arus pasang surut, arus dinamis dan arus angin. Menurut Nontji (1987) dalam Arinardi *dkk.* (1997), keadaan arus permukaan di perairan laut Indonesia pada dasarnya dipengaruhi oleh angin musim dan pasang surut, yaitu :

1. Bulan Desember-Februari disebut musim barat
2. Bulan Juni-Agustus disebut musim timur
3. Bulan Maret, angin barat masih berhembus tapi kecepatannya sudah berkurang.

Menurut Arinardi *dkk.* (1997) perairan Indonesia sangat dipengaruhi oleh musim (moonson) yang mempunyai kaitan erat dengan sistem tekanan udara tinggi dan tekanan udara rendah di atas benua Asia dan Australia. Bulan Desember, Januari dan Februari dikenal sebagai angin musim barat, sebaliknya pada bulan Juni, Juli dan Agustus sebagai angin musim timur. Sedangkan pada bulan Maret angin musim barat masih berhembus tetapi kecepatannya sudah berkurang.

Menurut hipotesis Wyrki (1961), kecepatan rata-rata arus di perairan Teluk Manado cenderung mengikuti pola musim barat dan timur. Pada periode musim barat yang puncaknya pada bulan Februari kecepatan rata-rata arus berkisar 18-38 cm/detik, sedangkan pada musim timur yang puncaknya terjadi pada bulan Juni kecepatan rata-rata arus berkisar 12-15 cm/detik.

### 2.5.2. Parameter kimia perairan

Faktor kimia perairan yang berperan dalam ekosistem merupakan proses atau kandungan unsur kimia yang terdapat di dalam perairan. Beberapa parameter kimia air yang diukur antara lain adalah : pH, oksigen terlarut, nitrat ( $\text{NO}_3$ ), dan fosfat ( $\text{PO}_4$ ).

#### Derajat keasaman (pH)

Nilai pH menunjukkan derajat keasaman atau kebasaaan. Derajat keasaman (pH) memegang peranan penting untuk kondisi lingkungan di laut. Air laut merupakan penyangga (buffer) yang baik terhadap keadaan asam atau basa yang disebabkan oleh datangnya air tawar dari sungai (Arinardi *dkk.*, 1997). Keadaan pH air laut berperan terhadap proses kimiawi oksidasi-reduksi dan sifat toksik substansi kimia (Sanusi, 1995).

Dalam kehidupan organisme-organisme di perairan, derajat keasaman (pH) menentukan terlarut tidaknya beberapa zat. Nilai derajat keasaman ini akan mempengaruhi produktivitas suatu perairan. Air yang bersifat basa dan netral cenderung lebih produktif dibandingkan dengan air yang bersifat asam (Hickling, 1971).

Nilai derajat keasaman (pH) di perairan pesisir umumnya lebih rendah dibandingkan dengan derajat keasaman (pH) air laut lepas, karena adanya pengaruh masukan massa air tawar dari sistem sungai yang bermuara. Setiap organisme perairan mempunyai batas toleransi terhadap

pH perairan yang bersangkutan. Fitoplankton dapat hidup subur pada derajat keasaman (pH) 7 - 8 asalkan terdapat cukup mineral di dalam suatu perairan (Sachlan, 1972), sedangkan menurut Ray dan Rao (1964) derajat keasaman (pH) optimal untuk perkembangan diatom antara 8.0 sampai 9.0. Diatom mulai berkurang perkembangannya pada nilai derajat keasaman (pH) antara 4.6-7.5, namun demikian pada kisaran tersebut masih didapatkan berbagai jenis diatom. Menurut Hinga (1992) dalam Sediadi dan Ulyy (1998), peledakan dinoflagellata dipengaruhi oleh tingginya pH ( $> 8,5$ ) sehingga terjadi eutrofikasi di perairan.

### Oksigen terlarut

Salah satu parameter kimiawi yang dapat dipakai untuk menentukan kondisi suatu perairan adalah kadar oksigen terlarut. Oksigen terlarut dalam perairan dibutuhkan oleh semua organisme air untuk proses metabolisme sel tubuhnya, sehingga dalam ekosistem perairan oksigen terlarut sangat penting untuk mendukung eksistensi organisme dan proses-proses yang terjadi di dalamnya. Hal ini terlihat dari peranan oksigen selain digunakan untuk aktivitas respirasi organisme air juga dipakai oleh organisme dekomposer dalam proses bahan organik di perairan.

Kelarutan oksigen dalam air dipengaruhi oleh suhu, tekanan parsial gas yang ada di udara dan air, kadar garam serta adanya persenyawaan yang mudah teroksidasi dalam air. Makin tinggi suhu, kadar garam dan tekanan parsial dalam air maka kandungan oksigen makin berkurang. Kandungan oksigen terlarut dalam suatu perairan dapat memberi petunjuk tentang tingginya produktivitas primer suatu perairan (Basmi *dkk.*, 1995).

Menurut Nybakken (1992), produktivitas primer biasanya dianggap sebagai padanan fotosintesis. Selanjutnya Clark (1977) dalam Basmi *dkk.* (1995) menambahkan bahwa oksigen terlarut yang dihasilkan oleh aktivitas fotosintesa di perairan menggambarkan tingkat produktivitas primer.

Oksigen di perairan bersumber baik melalui difusi dari udara maupun dari hasil proses fotosintesis oleh organisme nabati, seperti fitoplankton dan tumbuhan air tenggelam lainnya di zona eufotik. Oksigen dikonsumsi oleh tumbuhan dan hewan secara terus-menerus selama aktivitas respirasi. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kadar oksigen terlarut dalam air laut adalah masuknya limbah yang dalam proses penguraiannya banyak membutuhkan oksigen. Limbah jenis ini umumnya berasal dari kegiatan-kegiatan penduduk.

## Nutrien

Nutrien atau zat hara adalah material yang dibutuhkan organisme untuk pertumbuhan dan multiplikasinya. Setiap unsur hara mempunyai fungsi-fungsi tersendiri yang tercermin dalam pertumbuhan dan kepadatan yang dicapai dan juga dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan. Adanya variasi dari zat-zat hara di suatu lokasi perairan juga mempengaruhi produksi fitoplankton. Kandungan zat hara lapisan permukaan di perairan Indonesia seperti juga perairan tropis lainnya umumnya berkonsentrasi rendah. Rendahnya konsentrasi ini disebabkan oleh penyinaran matahari yang berlangsung setahun penuh sehingga metabolisme biota air berlangsung cepat. Dengan demikian penimbunan nutrisi seperti yang sering terjadi di perairan dengan iklim sedang (temperate zone) tidak terlaksana. Walaupun demikian ada pula perairan Nusantara yang mengandung nutrisi tinggi dan ini biasanya karena adanya pasokan nutrisi dari darat yang terbawa aliran air sungai dan akhirnya memasuki ekosistem bahari, juga terjadinya pengadukan air (turbulensi) karena gelombang atau arus pasang di perairan dangkal sehingga zat hara terangkat kembali ke permukaan, serta berlangsungnya proses upwelling di laut dalam. Peristiwa naiknya air ini terjadi secara musiman dan biasanya bersifat setempat.

Plankton merupakan salah satu parameter biologi yang erat hubungannya dengan kandungan zat hara. Tinggi rendahnya kelimpahan

plankton di suatu perairan tergantung pada konsentrasi zat hara perairan tersebut. Beberapa unsur hara yang diperlukan dalam jumlah yang relatif besar disebut unsur hara makro (macro nutrient), unsur-unsur tersebut adalah C, H, O, N, S, P, K, Mg, Si, dan Ca. Selain hara makro, diperlukan pula hara mikro (micro nutrient) dalam jumlah yang sangat sedikit. Unsur hara mikro tersebut yaitu Fe, Mn, Cu, Zn, Bo, Na, Mo, Cl, V, dan Co. Di antara unsur-unsur ini secara umum unsur hara yang sangat esensial bagi pertumbuhan plankton adalah nitrogen, fosfor dan silikon, sehingga unsur-unsur hara tersebut umumnya merupakan faktor pembatas bagi pertumbuhan biota plankton (Nalewajko dan Leand, 1980 *dalam* Caroco *et al.*, 1987; Tomascik *et al.*, 1997). Menurut Nybakken (1992) zat organik utama yang diperlukan fitoplankton dan sering menjadi faktor pembatas pertumbuhan adalah nitrogen dan fosfat. Nontji dan Ilahude (1975) menyatakan bahwa fosfat dan nitrat sangat diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan fitoplankton dan selanjutnya berpengaruh terhadap proses reproduksi ikan. Jadi zat hara fosfat dan nitrat merupakan salah satu mata rantai makanan yang dibutuhkan dan mempunyai pengaruh terhadap proses pertumbuhan dan perkembangan hidup organisme di laut. Selanjutnya menurut Dugdale (1981) *dalam* Sediadi (1999), setiap jenis fitoplankton mempunyai kemampuan untuk beradaptasi dengan adanya perubahan nutrien dalam pertumbuhannya.





Nitrat merupakan salah satu bentuk senyawa N-anorganik dalam air laut dan unsur hara yang digunakan dalam pembentukan protein untuk mendukung kehidupan organisme dalam suatu perairan terutama fitoplankton. Nitrat dalam air laut secara alami terdapat pada kadar yang sesuai dengan kebutuhan organisme yang hidup dalam perairan tersebut. Bila terdapat faktor lain yang dapat mengubah kadar tersebut sudah barang tentu akan mempengaruhi kehidupan organisme dalam perairan. Tinjauan kadar nitrat dari beberapa perairan yang ditelaah secara keseluruhan menunjukkan bahwa kadar nitrat dalam suatu perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Jenis limbah sedikit banyak berpengaruh terhadap fluktuasi kadar nitrat dalam suatu perairan. Faktor lingkungan sekitar, pengaruh musim dan kondisi pasang surut merupakan faktor yang juga berperan penting terhadap fluktuasi atau distribusi kadar nitrat dalam perairan (Susana, 1999). Nitrat merupakan sumber nitrogen yang cukup penting di perairan. Dalam sel alga nitrat ditransformasi menjadi amonium. Proses transformasi ini dibantu oleh katalis enzim nitrate reduktase (NR) yang mentransformasi nitrat menjadi nitrit dan enzim nitrit reduktase (NiR) yang mereduksi nitrit menjadi ammonia (Boney 1989 dalam Widjaya, 1994).

Udara atau atmosfer merupakan sumber nitrogen yang paling besar, karena 80 % udara terdiri dari gas nitrogen bebas sebagai  $N_2$ . Pada lingkungan laut nitrogen dapat ditemukan dalam berbagai bentuk misalnya

gas terlarut berupa nitrogen molekuler ( $N_2$ ) atau sebagai garam-garam anorganik yaitu nitrat ( $NO_3^-$ ), nitrit ( $NO_2^-$ ), amonium ( $NH_4^+$ ) dan beberapa senyawa nitrogen organik seperti urea dan asam-asam amino. Hanya beberapa jenis fitoplankton yang dapat menambat langsung nitrogen molekuler ( $N_2$ ) dari udara seperti alga biru *Trichodesmium* yang sekali-sekali populasinya bisa meledak. Parsons *et al.* (1984) menyatakan bahwa nitrogen merupakan unsur penyusun protein yang selanjutnya menjadi sumber makanan bagi organisme perairan, oleh karena itu penting bagi semua organisme. Bentuk senyawa N lain di perairan adalah amonia. Hasil penelitian Bruno (1979) *dalam* Widjaya (1994), memperlihatkan bahwa meskipun kadar nitrat rendah, fitoplankton tetap dapat tumbuh dengan baik. Hal ini disebabkan adanya amonia sebagai sumber N yang disukai fitoplankton. Selanjutnya ditambahkan bahwa nitrogen tidak menjadi faktor pembatas bila kandungan amonia lebih dari 1.5 ppm.

Fosfat merupakan salah satu zat hara yang dibutuhkan dan mempunyai pengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan hidup organisme di laut. Fitoplankton merupakan salah satu parameter biologi yang erat hubungannya dengan fosfat. Tinggi rendahnya kelimpahan fitoplankton di suatu perairan tergantung kepada kandungan zat hara di perairan tersebut, antara lain zat hara fosfat (Nybakken, 1992). Sama halnya seperti zat hara lainnya, kandungan fosfat di suatu perairan secara

alami terdapat sesuai dengan kebutuhan organisme yang hidup di perairan tersebut.

Komunitas fitoplankton terdiri dari beberapa spesies dimana masing-masing spesies mempunyai kepekaan tertentu dalam memanfaatkan unsur P secara efektif. Fosfor merupakan salah satu unsur nutrisi utama yang diperlukan untuk pertumbuhan alga secara normal. Hal ini disebabkan karena perbedaan suhu antara musim hujan dan musim kemarau tidak begitu menyolok sehingga aktivitas plankton hampir seragam sepanjang tahun.

Fosfor terdapat di laut dalam berbagai keadaan. Sebagian terdapat dalam senyawa organik seperti protein dan gula, sebagian dalam butiran-butiran kalsium fosfat ( $\text{CaPO}_4$ ) dan besi fosfat ( $\text{FePO}_4$ ) anorganik, dan sebagian terlarut sebagai fosfat anorganik. Yang terakhir ini terdapat banyak di air laut, dapat mencapai 90 % dari seluruh fosfor di laut, terutama pada saat produksi bahan organik tinggi dan penyerapan rendah. Sebaliknya jika produktivitas laut tinggi kadar fosfat anorganik rendah, mencapai kurang dari 50 % dari seluruh fosfor. Ortofosfat adalah senyawa fosfat anorganik yang teramat berlimpah dalam daur fosfat. Senyawa ini dihasilkan oleh proses pemecahan fosfat organik oleh bakteri dari jaringan yang sedang membusuk. Ini merupakan proses yang relatif sederhana dan mudah karena terjadinya sangat sering di dalam kolom air, sehingga menyediakan fosfor untuk di serap oleh tumbuh-tumbuhan. Jadi meskipun

fosfor kadarnya jauh di bawah nitrogen, tetapi unsur ini dalam keadaan mudah diperoleh dari mintakat tembus cahaya matahari. Karena itu fosfor tidak merupakan faktor pembatas dalam produktivitas laut (Romimohtarto dan Juwana, 1999). Di perairan laut ortofosfat merupakan sumber utama fosfor yang dapat langsung digunakan oleh tanaman karena larut dalam air. Menurut Boto (1986), suplai fosfor kebanyakan melalui input arus atau sedimen yang dibawa oleh air sungai dan bahan organik partikulat. Meningkatnya kandungan fosfat akan diikuti oleh meningkatnya plankton. Oleh karena itu kandungan ortofosfat di dalam air sering dipakai sebagai indikator tingkat kesuburan suatu perairan. Menurut Bruno *et al.* (1979) dalam Widjaja (1994), kandungan fosfat yang optimal bagi pertumbuhan fitoplankton berada pada kisaran 0.27-5.51 ppm. Menurut Andarias (1991) dalam Sediadi (1999), konsentrasi fosfat yang tersedia di dalam perairan bervariasi; batas terendah konsentrasi fosfat untuk pertumbuhan optimum berkisar antara 0.018-0.090 ppm dan batas tertinggi antara 8.90-17.8 ppm. Menurut Muchtar (1999), tinggi rendahnya kandungan fosfat di suatu perairan selain tergantung pada perairan itu sendiri juga tergantung pada keadaan sekelilingnya seperti sumbangan zat hara dari daratan melalui sungai-sungai yang mengalir ke perairan tersebut dan sumbangan serasa mangrove yang terurai oleh bakteri ke perairan tersebut. Tingkat kesuburan perairan dilihat dari kandungan fosfat yang dimiliki menurut

Joshimura 1969 *dalam* Muchtar 1999 adalah sebagai berikut : 0 – 0.06  $\mu\text{g}$  A/I kurang subur, 0.07 – 1.61  $\mu\text{g}$  A/I cukup subur, 1.62 – 3.23  $\mu\text{g}$  A/I subur, dan lebih besar dari 3.23  $\mu\text{g}$  A/I sangat subur.

Beberapa peneliti (Harrison dan Davis, 1979; Turpin dan Harrison, 1979; Harrison dan Turpin, 1982; Kilham dan Kilham, 1984 *dalam* Sanders *et al.*, 1987) mengemukakan bahwa perubahan nutrisi adalah faktor lingkungan penting yang mempengaruhi berbagai kelompok taksonomi yang dominan. Sebagai contoh perubahan nutrisi yang tinggi mengakibatkan dominasi dari diatom, perubahan nutrisi yang rendah mengakibatkan dominasi dari flagellata, sementara sejumlah kecil nutrisi atau bentuk kimia nutrisi dapat mempengaruhi keberhasilan satu spesies dibandingkan spesies yang lainnya contohnya *Chaetoceros* spp dibanding *Skeletonema costatum*.

### 3. BAHAN DAN METODE

#### 3.1. Lokasi dan waktu penelitian

Teluk Manado terletak di bagian barat Ibu Kota Propinsi Sulawesi Utara yaitu Manado pada posisi geografis  $1^{\circ}24'0''\text{LU} - 1^{\circ}26'50''\text{LU}$  dan  $124^{\circ}44'50''\text{BT} - 124^{\circ}48'10''\text{BT}$ , yang mencakup wilayah pantai dari Tanjung Pisok sampai Tanjung Kalasei (Gambar 2).

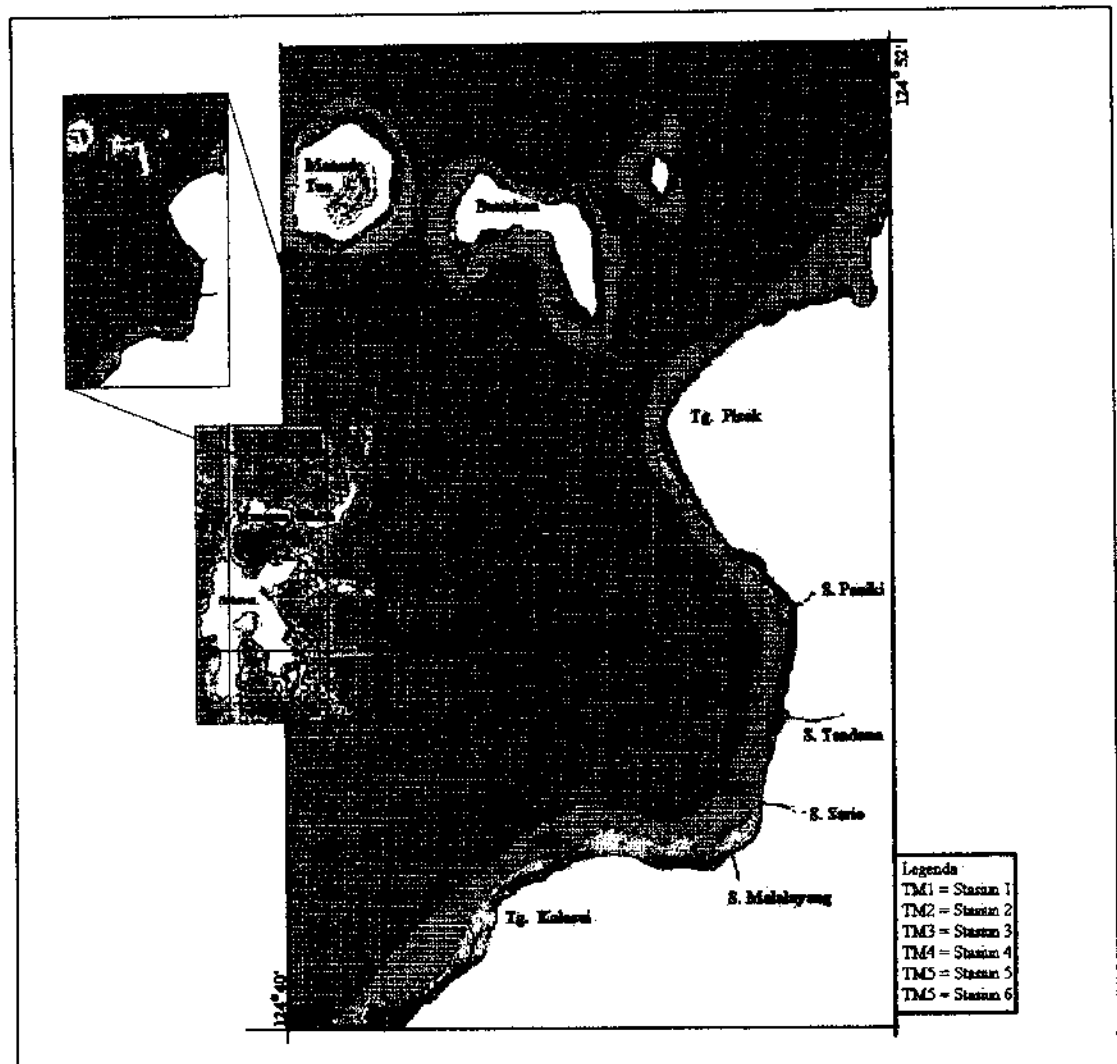
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret tahun 2000, dimana pada bulan Maret ini angin musim barat masih berhembus tetapi kecepatannya sudah berkurang. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 4 kali dengan selang waktu satu minggu.

#### 3.2. Lokasi pengamatan

Dalam penelitian ini ditetapkan 6 (enam) stasiun pengukuran dan pengambilan contoh air dan plankton (TM1, TM2, TM3, TM4, TM5, dan TM6). Stasiun TM1 terletak pada daerah mangrove, stasiun TM2 dan TM3 pada bagian tengah perairan, stasiun TM4 daerah karang, stasiun TM5 dan TM6 pada muara sungai (Gambar 2). Posisi stasiun ditentukan dengan GPS (global positioning system) Tracker. Adapun posisi setiap stasiun adalah sebagai berikut :

1. Stasiun TM1 :  $01^{\circ}33'11''\text{ LU}$ ,  $124^{\circ}45'00''\text{ BT}$
2. Stasiun TM2 :  $01^{\circ}30'12''\text{ LU}$ ,  $124^{\circ}47'25''\text{ BT}$

3. Stasiun TM3 : 01°28'19" LU, 124°48'21" BT
4. Stasiun TM4 : 01°30'23" LU, 124°50'18" BT
5. Stasiun TM5 : 01°28'12" LU, 124°49'35" BT
6. Stasiun TM6 : 01°27'28" LU, 124°48'35" BT



Sumber : Dinas Hidro Oseanografi TNI-AL Tahun 2000

Gambar 2. Peta lokasi penelitian

### 3.3. Metode pengambilan contoh dan pengukuran parameter fisika kimia

Pengukuran parameter fisika kimia dilakukan di setiap stasiun yang sama dengan pengambilan contoh plankton. Parameter fisika kimia yang diukur serta alat dan metode yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Parameter fisika kimia air yang diukur serta alat yang digunakan**

Parameter	Unit	Alat	Metode
<b>A. Fisika</b>			
1. Arus	Cm/detik	Floating drogue	Mekanik
2. Suhu air	°C	Termometer Hg	Pemuaian
3. Salinitas	‰	Refraktometer	Mekanik
4. Kecerahan	m	Pinggau secchi	Visual
<b>B. Kimia</b>			
1. pH		pH meter	Potensiometri
2. Oksigen terlarut (DO)	mg/l	DO-meter	Elektrik
3. Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	Spektrofotometer	Cadmium reduction
4. Fosfat (PO <sub>4</sub> )	mg/l	Spektrofotometer	Asam ascorbic
<b>C. Biologi</b>			
1. Fitoplankton	sel/l	Sedgwick Rafter	Pencacahan
2. Klorofil-a	µg/ml	Spektrofotometer	Aseton 90 %
3. Jenis pigmen		Spektrofotometer	KLT



Pengukuran beberapa parameter fisika-kimia air di permukaan seperti suhu, salinitas, kecerahan, kecepatan arus, pH dan oksigen terlarut dilakukan *In situ* (di lokasi original). Analisis nitrat, fosfat dan klorofil-a dilakukan di laboratorium Toksikologi dan Farnasitika Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT) Manado.

Pengukuran kecepatan arus pada lapisan permukaan dilakukan dengan menggunakan floating drogue, dimana floating drogue dihanyutkan sejauh 10 meter dan diukur waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak tersebut. Jarak 10 meter tersebut dibagi dengan waktu yang diperlukan sehingga didapatkan kecepatan gerak air yang dimaksud. Cara ini bukan cara terbaik tetapi cukup memadai terutama dalam situasi dimana "current meter" tidak tersedia (Kaswadji *dkk.*, 1995).

Untuk mengetahui komposisi fitoplankton, dilakukan pengambilan sampel fitoplankton secara horisontal dengan menggunakan jaring plankton yang mulut jaringnya berdiameter 15 cm dan ukuran mata jaring 0.094 mm. Jaring plankton ditarik secara horisontal sepanjang 20 meter pada setiap stasiun. Contoh plankton disimpan dalam botol film yang selanjutnya diawetkan dengan cairan formalin 4 % (campuran dari satu bagian formalin teknis dengan 9 bagian air yang mengandung sampel). Analisis sampel dilakukan dengan menggunakan cawan Sedgwick Rafter di bawah mikroskop Nikon SE 102 dengan perbesaran 400 kali, sedangkan pemotretan organisme dilakukan dengan Labophot Olympus

CH-2. Identifikasi dan pencacahan dilakukan di laboratorium Bioteknologi Kelautan Unsrat. Pedoman identifikasi plankton adalah buku identifikasi dari Newell dan Newell (1963), Yamaji (1982), Bold dan Wynne (1985).

Sampel air untuk pengukuran kandungan klorofil-a diambil pada permukaan kemudian disaring dengan jaring plankton (0.094 mm) sebanyak 1 liter lalu air filter dibungkus dengan kertas aluminium dan disimpan dalam coolbox untuk dibawa ke laboratorium. Selanjutnya contoh air laut disentrifuge dengan putaran 3000 rpm selama 15 menit, dan endapan planktonnya di pipet dan dimasukkan dalam tabung reaksi, kemudian diekstraksi dalam ruang tanpa cahaya dengan larutan aseton 90% dan diaduk dengan stirer supaya semua pigmennya lepas. Setelah itu disimpan di lemari es selama 12 jam, selanjutnya diperiksa absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 350-700 nm. Untuk penentuan jenis pigmen dipisahkan dengan kromatografi lapis tipis (KLT), dimana ekstrak pigmen sebelumnya dalam aseton 90 % diekstrak lagi dengan petroleum eter lalu diaduk dengan stirer. Selanjutnya larutan beningnya dievaporasi kemudian ditotol di atas silika gel dengan memakai larutan pengembang petroleum eter dan metanol (80 : 20), hasil totolan di potong dan dimasukkan dalam tabung reaksi yang berisi larutan aseton, kemudian diperiksa lagi absorbansinya dengan spektrofotometer (Mantiri *et al.*, 1995).

### 3.4. Analisa data

#### 3.4.1. Kelimpahan

Untuk menghitung kelimpahan fitoplankton, terlebih dahulu dihitung volume air laut yang tersaring dengan mengikuti rumus dari APHA (1992) yaitu :

$$V = \pi r^2 d$$

Dimana :

$V$  = Volume air yang tersaring (l)

$\pi$  = 3.141592654

$r$  = radius mulut plankton net (15 cm)

$d$  = panjang lintasan (20 m)

Kelimpahan plankton dinyatakan secara kuantitatif dalam jumlah sel/liter. Kelimpahan fitoplankton dihitung berdasarkan rumus :

$$N = n \times (Vr/Vo) \times (1/Vs)$$

Dimana :

$N$  = Jumlah sel per liter

$n$  = Jumlah sel yang diamati

$Vr$  = Volume air tersaring (ml)

$Vo$  = Volume air yang diamati (ml)

$Vs$  = Volume air yang disaring (l)

### 3.4.2. Indeks diversitas

Indeks diversitas dihitung berdasarkan rumus Shannon dan Weaver (1963) dalam Parsons *et al.* (1984) dengan satuan bits :

$$H = \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i; \quad P_i = n_i/N$$

Dimana : H = Indeks diversitas

$n_i$  = Jumlah sel fitoplankton jenis ke-i

N = Jumlah total sel fitoplankton

Untuk operasionalnya dilakukan dengan bantuan software Divers.

### 3.4.3. Klorofil-a

Konsentrasi klorofil-a berdasarkan stasiun pengamatan dianalisis dan disajikan dalam bentuk grafik. Melalui grafik ini terlihat pada posisi mana terdapat konsentrasi yang tinggi. Perhitungan kandungan pigmen klorofil-a mengikuti rumus dari Jeffrey dan Humphrey (1975) sebagai berikut :

$$\text{Klorofil a} = 11.85 E_{664} - 1.54 E_{647} - 0.08 E_{630}$$

### 3.4.3. Hubungan antara parameter fisika-kimia air dengan kelimpahan fitoplankton dan kandungan klorofil-a

Untuk melihat keterkaitan antara parameter fisika-kimia air dengan kelimpahan fitoplankton dan kandungan klorofil-a, digunakan analisis statistik multivariabel yaitu Analisis Faktorial Diskriminan (AFD) mengikuti petunjuk Legendre dan Legendre (1983) dan Bengen (1999). Dalam Analisis Faktorial Diskriminan (AFD) yaitu untuk mendeskripsikan, mengelompokkan dan membandingkan grup individu yang dikarakteristikan oleh sejumlah variabel kuantitatif, serta untuk mengetahui variabel yang nyata berbeda antar grup. Agar memudahkan dalam interpretasi data maka disajikan dalam bentuk gambar. Berdasarkan gambaran distribusi parameter-parameter tersebut selanjutnya dijelaskan secara deskriptif mengenai karakteristik fisika kimia air yang dihubungkan dengan kelimpahan fitoplanktonnya serta kandungan klorofil-a. Untuk operasional Analisis Faktorial Diskriminan dilakukan dengan bantuan software SPSS Release 10.0.5.

### 3.4.5. Distribusi fitoplankton

Sebaran fitoplankton antar stasiun pengamatan dievaluasi dengan menggunakan Analisis Faktorial Koresponden (AFK) (Legendre dan Legendre, 1983).

Analisis Faktorial Koresponden (AFK) merupakan salah satu bentuk analisis statistik multivariabel atau analisis multidimensi yang didasarkan pada matriks data  $i$  baris dan  $j$  kolom yang merupakan tabel kontingensi antara baris  $i$  (stasiun dan waktu pengamatan) dengan kolom  $j$  (kelimpahan genus fitoplankton). Melalui Analisis Faktorial Koresponden (AFK) dapat diketahui genus fitoplankton yang dominan pada setiap stasiun. Pengolahan data AFK dilakukan dengan software SPSS Release 10.0.5.



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Kondisi lingkungan

#### Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor penting dalam mengatur seluruh proses kehidupan dan penyebaran organisme. Kondisi suhu permukaan air di Teluk Manado selama penelitian relatif konstan dan homogen. Hasil pengukuran suhu air di 6 stasiun dalam waktu 4 kali pengamatan, yang tertinggi adalah 29°C dan terendah adalah 25°C. Suhu rata-rata antar stasiun adalah sebagai berikut : stasiun TM1 27°C, stasiun TM2 26.5°C, stasiun TM3 27°C, stasiun TM4 27.25°C, stasiun TM5 dan stasiun TM6 26.25°C (Tabel 2).

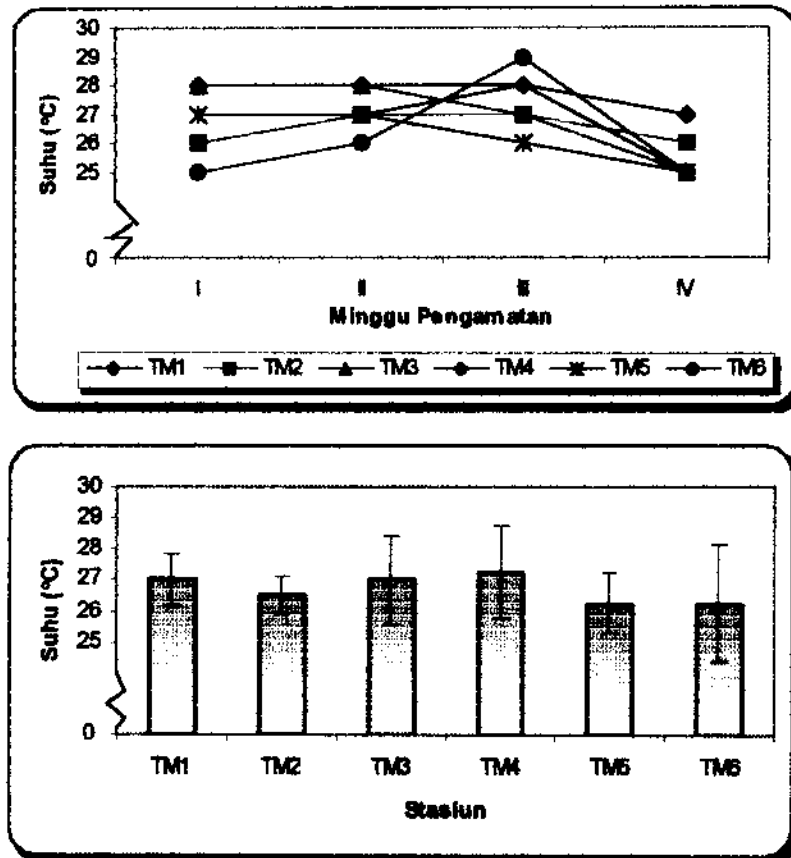
**Tabel 2. Kisaran dan rata-rata suhu (°C) pada setiap stasiun selama penelitian**

Stasiun	Kisaran	Rata-rata ± S. Deviasi
TM1	26 - 28	27.00 ± 0.82
TM2	26 - 27	26.50 ± 0.58
TM3	25 - 28	27.00 ± 1.41
TM4	25 - 28	27.25 ± 1.50
TM5	25 - 27	26.25 ± 0.96
TM6	25 - 29	26.25 ± 1.89

Kisaran suhu permukaan ini sesuai dengan suhu air permukaan di wilayah tropis yaitu antara 20 - 30°C (Nybakken, 1992). Menurut Arinardi (1997), suhu perairan Indonesia menunjukkan ciri khas perairan tropis yaitu umumnya relatif tinggi dengan perbedaan sebaran horisontal yang

kecil (28-31°C). Sebaran suhu perairan Teluk Manado selama penelitian tidak menjadi kendala bagi pertumbuhan fitoplankton karena menurut Riley (1967), pada umumnya fitoplankton dapat berkembang dengan baik pada suhu 25°C atau lebih. Juga dipertegas oleh Ray dan Rao (1964), bahwa suhu air antara 20-30°C merupakan suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton. Pada umumnya rentang suhu yang baik bagi kehidupan organisme di daerah tropis antara 20-30°C. Perubahan suhu sepanjang tahun tergantung pada intensitas radiasi matahari, kecepatan angin, musim (curah hujan dan penguapan) serta asal massa air. Fluktuasi suhu air laut di perairan Teluk Manado selama penelitian disajikan pada Gambar 3.





Gambar 3. Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) air laut pada masing-masing stasiun di perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).

### Salinitas

Salinitas di perairan Teluk Manado dipengaruhi oleh 4 buah sungai yaitu sungai Paniki, sungai Tondano, sungai Sario dan sungai Malalayang. Kadar salinitas selama penelitian di 6 stasiun adalah, tertinggi 33 ‰ dan terendah 15 ‰. Salinitas rata-rata pada masing-masing stasiun adalah

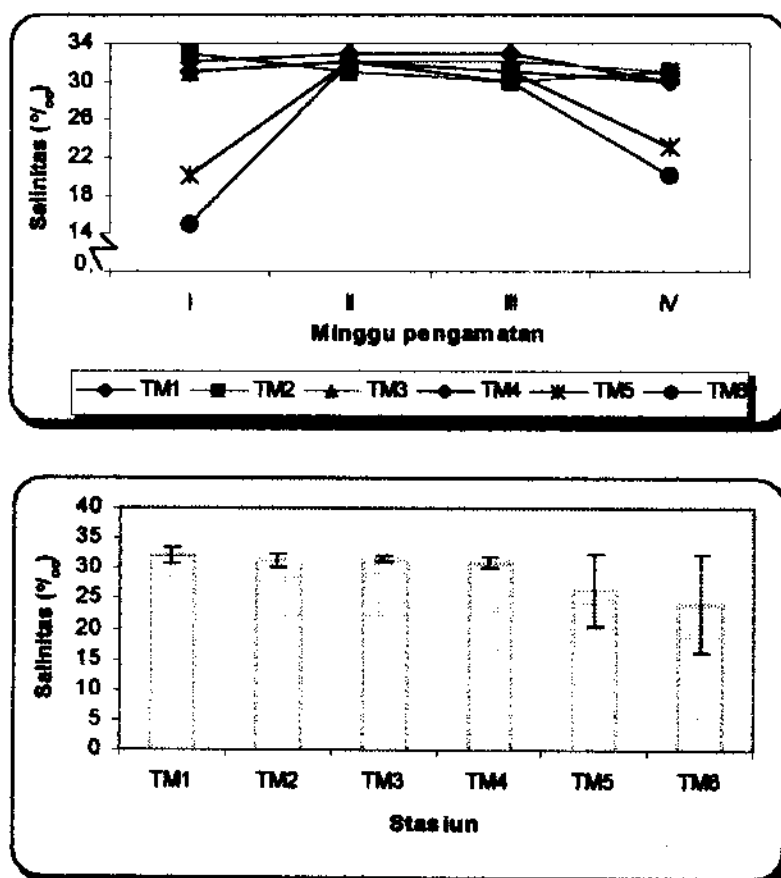
sebagai berikut : stasiun TM1 32 ‰, stasiun TM2 31.25 ‰, stasiun TM3 31.50 ‰, stasiun TM4 31 ‰, stasiun TM5 26.50 ‰, dan pada stasiun TM6 24.25 ‰ (Tabel 3).

**Tabel 3. Kisaran dan rata-rata salinitas (‰) pada setiap stasiun selama penelitian**

Stasiun	Kisaran	Rata-rata ± S. Deviasi
TM1	30 - 33	32.00 ± 1.41
TM2	30 - 33	31.25 ± 1.26
TM3	31 - 32	31.50 ± 0.58
TM4	30 - 32	31.00 ± 0.82
TM5	20 - 32	26.50 ± 5.92
TM6	15 - 32	24.25 ± 8.10

Pengaruh air tawar dari sungai terlihat pada salinitas yang rendah di stasiun TM6 yaitu 24.25 ‰, kemudian disusul pada stasiun TM5 yaitu 26.50 ‰, pada minggu pengamatan I dan IV. Kedua stasiun ini letaknya pada muara sungai dan pada minggu pengamatan I dan IV kondisi cuaca hujan. Menurut Arinardi (1997), di mulut sungai salinitas bervariasi sangat besar seiring dengan pergantian musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Oleh karena itu hanya biota yang mempunyai toleransi tinggi yang dapat hidup di perairan demikian. Dari hasil perhitungan kelimpahan fitoplankton selama penelitian juga terlihat bahwa pada stasiun TM5 dan stasiun TM6 kelimpahan fitoplanktonnya (Gambar 11) lebih rendah dari pada stasiun TM1, TM2, dan TM3. Stasiun TM1 – TM4 memiliki salinitas

yang relatif tinggi berkisar 30-33 ‰. Salinitas antar stasiun di Teluk Manado selama penelitian terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kadar salinitas (‰) pada masing-masing stasiun di Perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).

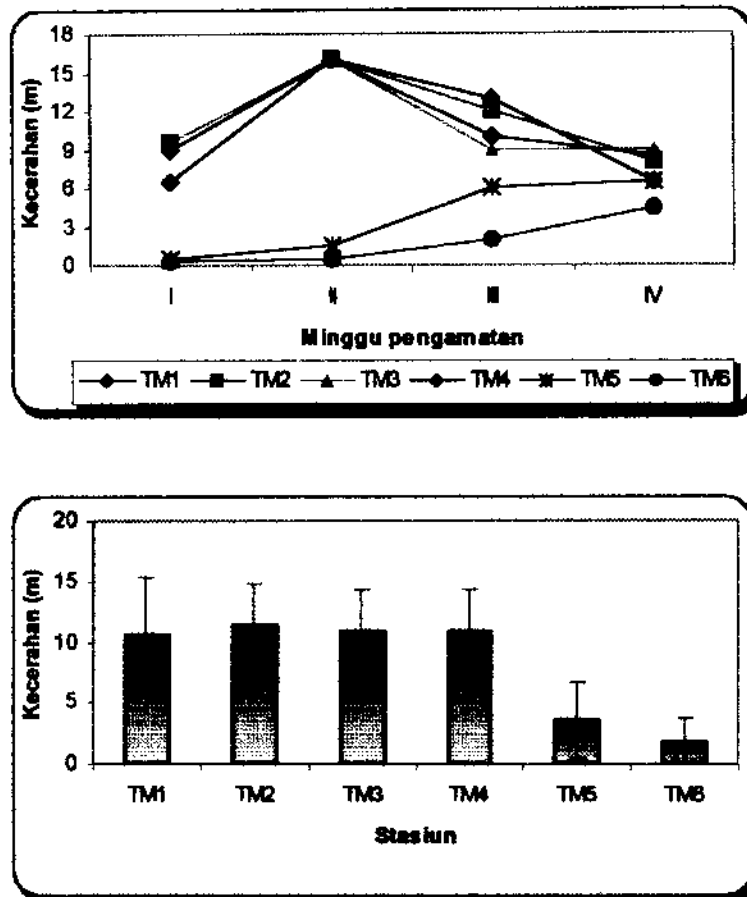
## Kecerahan

Kecerahan dan kekeruhan dalam suatu perairan merupakan komponen sifat fisika perairan yang sulit dipisahkan pengaruhnya antara satu dengan yang lainnya. Kecerahan ditentukan oleh banyaknya padatan tersuspensi dan jasad renik melayang, atau oleh kekeruhan dan warna air. Makin tinggi kecerahan makin dalam penetrasi cahaya matahari. Kecerahan yang tinggi merupakan syarat untuk berlangsungnya fotosintesis fitoplankton. Nilai kekeruhan yang tinggi menyebabkan fitoplankton tidak dapat melakukan fotosintesis dengan efektif, akibatnya zooplankton di daerah tersebut tidak dapat tumbuh dengan baik (Widjaja, 1994). Kecerahan bervariasi menurut letak stasiun, jarak dari pantai dan jarak dari sungai. Hasil pengukuran kecerahan di 6 stasiun selama penelitian adalah tertinggi 16 meter dan terendah 0.25 meter. Kecerahan rata-rata antar stasiun adalah sebagai berikut : pada stasiun TM1 adalah 10.5 meter, stasiun TM2 11.38 meter, stasiun TM3 dan stasiun TM4 10.88 meter, stasiun TM5 3.63 meter, dan stasiun TM6 1.81 meter (Tabel 4).

**Tabel 4. Kisaran dan rata-rata kecerahan (m) pada setiap stasiun selama penelitian**

Stasiun	Kisaran	Rata-rata $\pm$ S. Deviasi
TM1	6.50 - 16.00	10.50 $\pm$ 4.78
TM2	8.00 - 16.00	11.38 $\pm$ 3.50
TM3	9.00 - 16.00	10.88 $\pm$ 3.42
TM4	8.50 - 16.00	10.88 $\pm$ 3.47
TM5	0.50 - 6.50	3.63 $\pm$ 3.07
TM6	0.25 - 4.50	1.81 $\pm$ 1.95

Tercatat stasiun TM6 dan stasiun TM5 mempunyai nilai kecerahan yang rendah dibanding dengan stasiun lainnya. Karena letak stasiun TM6 dan TM5 yaitu pada daerah pantai dan dekat aliran sungai. Menurut Yahel *et al.* (1998) pada daerah pantai tingkat kekeruhannya lebih tinggi dibanding laut terbuka, oleh karena itu akan berpengaruh pada aktivitas fotosintesa dari fitoplankton sehingga berpengaruh pada klorofil-a. Pada daerah laut terbuka relatif jernih sehingga intensitas cahaya tidak menjadi faktor pembatas. Kecerahan umumnya bertambah baik dengan semakin jauh dari pantai dan sungai. Fluktuasi kecerahan di Teluk Manado selama penelitian seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Kecerahan (m) pada masing-masing stasiun di Perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).

### Kecepatan Arus

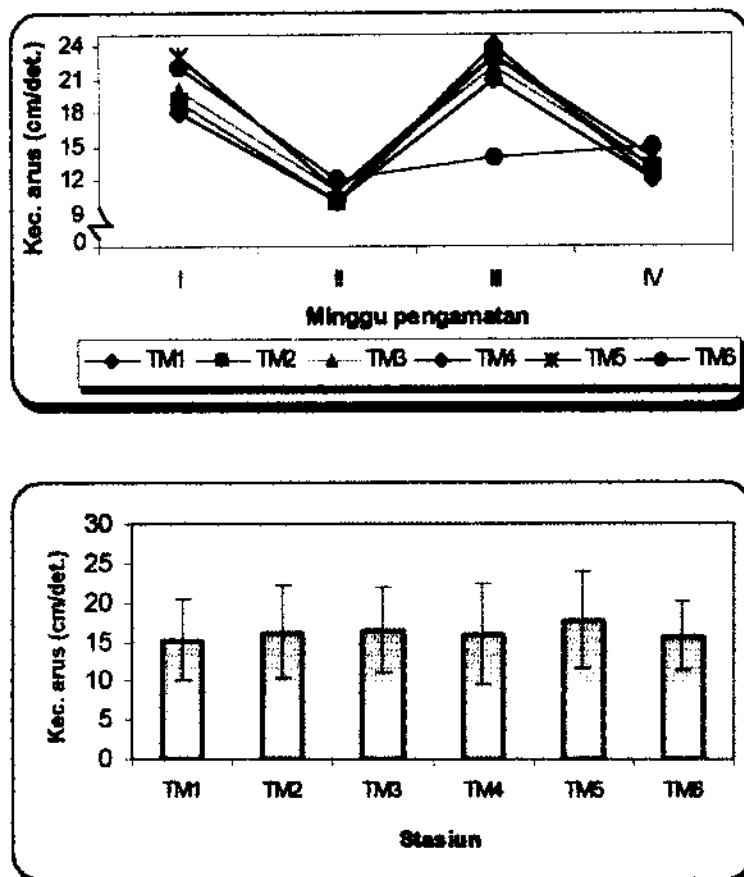
Pengukuran kecepatan arus pada lapisan permukaan di perairan Teluk Manado selama penelitian diperoleh nilai tertinggi 24 cm/detik dan terendah 10 cm/detik. Kecepatan arus rata-rata antar stasiun adalah sebagai berikut : stasiun TM1 15.25 cm/detik, stasiun TM2 16.25 cm/detik, stasiun TM3 16.50 cm/detik, stasiun TM4 16 cm/detik, stasiun TM5 17.75 cm/detik, dan stasiun TM6 15.75 cm/detik (Tabel 5).

**Tabel 5. Kisaran dan rata-rata kecepatan arus (cm/detik) pada setiap stasiun selama penelitian**

Stasiun	Kisaran	Rata-rata $\pm$ S. Deviasi
TM1	10 - 21	15.25 $\pm$ 5.12
TM2	10 - 23	16.25 $\pm$ 5.85
TM3	11 - 22	16.50 $\pm$ 5.32
TM4	10 - 24	16.00 $\pm$ 6.32
TM5	11 - 23	17.75 $\pm$ 6.18
TM6	12 - 22	15.75 $\pm$ 4.35

Pada Gambar 6 terlihat kecepatan arus maksimum pada stasiun TM5. Menurut *Levasseur et al. (1992)*, kekuatan pergerakan massa air akibat arus juga mempengaruhi kelimpahan fitoplankton. Karena arus merupakan faktor fisik yang penting dalam distribusi plankton, dimana arus akan membawa organisme menjauhi atau mendekati makanan.

Fluktuasi kecepatan arus antar stasiun di perairan Teluk Manado selama penelitian disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kecepatan arus (cm/det) pada masing-masing stasiun di Perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).

### Derajat Keasaman (pH)

Di perairan derajat keasaman (pH) menentukan terlarut tidaknya beberapa zat. Nilai pH di perairan Teluk Manado selama penelitian yaitu tertinggi 8.35 dan terendah 8.0. Nilai pH rata-rata antar stasiun adalah



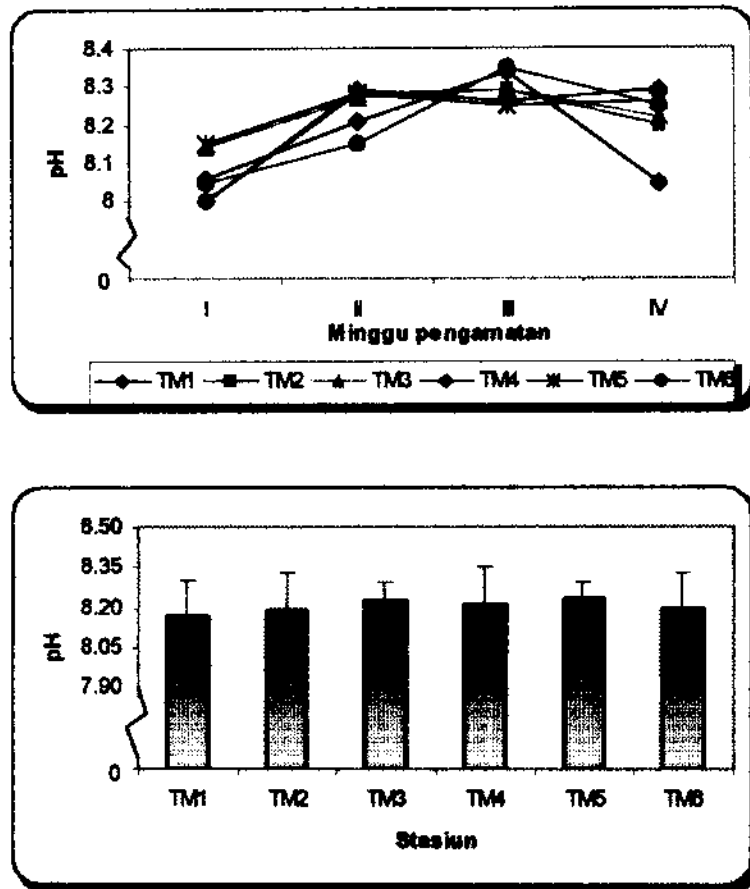
sebagai berikut : pada stasiun TM1 8.17, stasiun TM2 8.19, stasiun TM3 8.23, stasiun TM4 8.21, stasiun TM5 8.24, dan stasiun TM6 8.20 (Tabel 6).

**Tabel 6. Kisaran dan rata-rata derajat keasaman (pH) pada setiap stasiun selama penelitian**

Stasiun	Kisaran	Rata-rata $\pm$ S. Deviasi
TM1	8.05 - 8.34	8.17 $\pm$ 0.14
TM2	8.00 - 8.29	8.19 $\pm$ 0.13
TM3	8.14 - 8.29	8.23 $\pm$ 0.07
TM4	8.00 - 8.29	8.21 $\pm$ 0.14
TM5	8.15 - 8.28	8.24 $\pm$ 0.06
TM6	8.05 - 8.35	8.20 $\pm$ 0.13

Dari hasil yang diperoleh ini diketahui bahwa perairan Teluk Manado mengarah ke perairan yang alkalis. Nilai pH yang bersifat basa (alkali) merupakan ciri khas dari perairan laut. Nilai derajat keasaman (pH) ini akan mempengaruhi produktivitas suatu perairan. Air yang bersifat basa dan netral cenderung lebih produktif dibandingkan dengan air yang bersifat asam (Hickling, 1971).

Fluktuasi konsentrasi pH di perairan Teluk Manado selama penelitian seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Derajat keasaman (pH) pada masing-masing stasiun di Perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).

### Oksigen terlarut

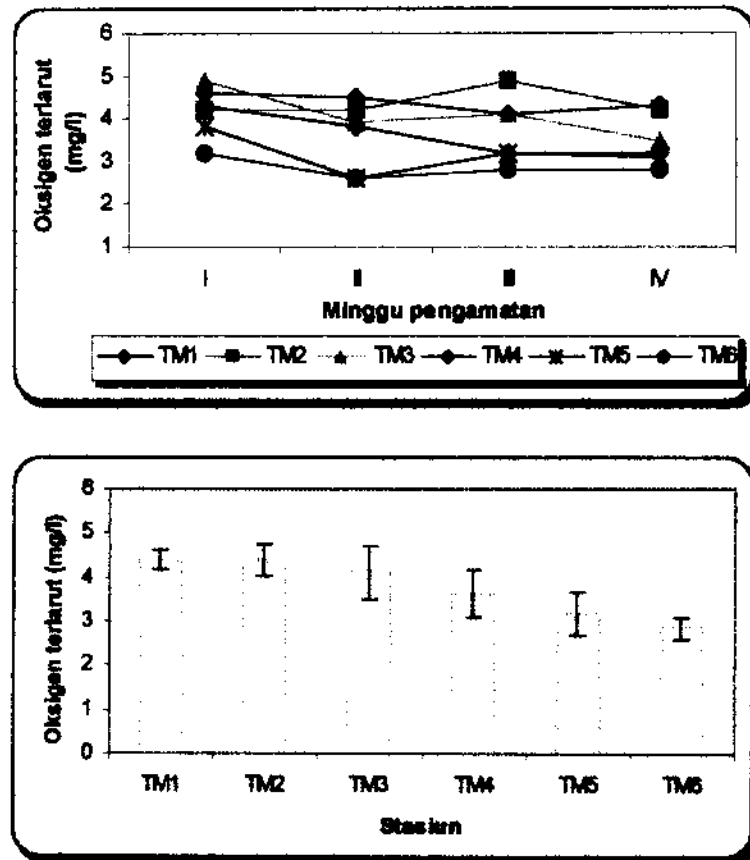
Nilai oksigen terlarut di perairan Teluk Manado selama penelitian adalah tertinggi 4.9 mg/l (ppm) dan terendah 2.6 mg/l (ppm). Konsentrasi oksigen terlarut rata-rata antar stasiun adalah sebagai berikut pada stasiun TM1 dan stasiun TM2 4.38 ppm, stasiun TM3 4.10 ppm, stasiun

TM4 3.63 ppm, stasiun TM5 3.18 ppm, dan stasiun TM6 2.85 ppm (Tabel 7).

**Tabel 7. Kisaran dan rata-rata oksigen terlarut (ppm) pada setiap stasiun selama penelitian**

Stasiun	Kisaran	Rata-rata $\pm$ S. Deviasi
TM1	4.1 - 4.6	4.38 $\pm$ 0.22
TM2	4.2 - 4.9	4.38 $\pm$ 0.35
TM3	3.5 - 4.9	4.10 $\pm$ 0.59
TM4	3.2 - 4.3	3.63 $\pm$ 0.53
TM5	2.6 - 3.8	3.18 $\pm$ 0.49
TM6	2.6 - 3.2	2.85 $\pm$ 0.25

Konsentrasi oksigen terlarut tertinggi tercatat pada stasiun TM1 dan stasiun TM2 dengan nilai rata-rata 4.38 ppm, sedangkan konsentrasi terendah tercatat di stasiun TM6 dengan nilai rata-rata 2.85 ppm. Pada stasiun TM6 ketersediaan oksigen terlarutnya rendah, hal ini mungkin selain digunakan untuk aktivitas respirasi organisme air juga mungkin dipakai oleh organisme dekomposer dalam proses bahan organik di perairan, mengingat lokasi stasiun TM6 berada pada daerah pesisir pantai yang menerima pengaruh buangan dari daratan. Fluktuasi konsentrasi oksigen terlarut antar stasiun di perairan Teluk Manado selama penelitian yaitu pada Gambar 8.



Gambar 8. Konsentrasi oksigen terlarut (mg/l) pada masing-masing stasiun di Perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).

### Nitrat

Kandungan nitrat di perairan Teluk Manado selama penelitian yaitu tertinggi 2.2 ppm dan terendah 1.4 ppm. Kandungan nitrat rata-rata antar stasiun adalah sebagai berikut : stasiun TM1 1.78 ppm, stasiun TM2 1.93

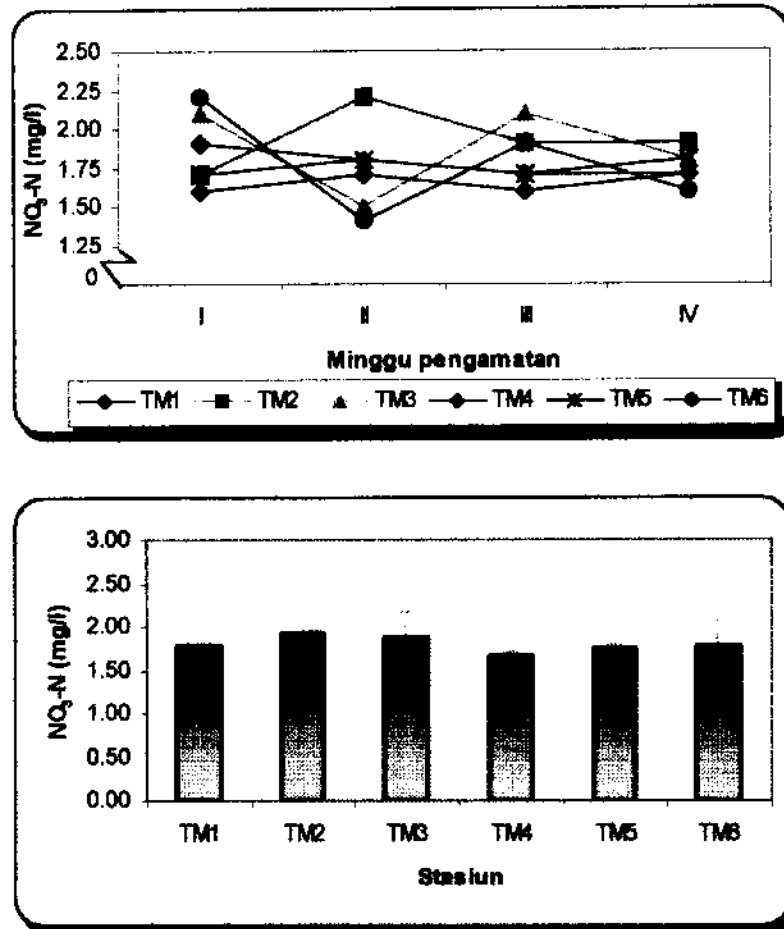
ppm, stasiun TM3 1.88 ppm, stasiun TM4 1.65 ppm, stasiun TM5 1.75 ppm, dan stasiun TM6 1.78 ppm (Tabel 8).

**Tabel 8. Kisaran dan rata-rata Nitrat (ppm) pada setiap stasiun selama penelitian**

Stasiun	Kisaran	Rata-rata $\pm$ S. Deviasi
TM1	1.7 - 1.9	1.78 $\pm$ 0.10
TM2	1.7 - 2.2	1.93 $\pm$ 0.21
TM3	1.5 - 2.1	1.88 $\pm$ 0.29
TM4	1.6 - 1.7	1.65 $\pm$ 0.06
TM5	1.7 - 1.8	1.75 $\pm$ 0.06
TM6	1.4 - 2.2	1.78 $\pm$ 0.35

Kadar nitrat di semua stasiun pengamatan terlihat relatif sama. Dari hasil yang diperoleh ini tercatat pada stasiun TM2 dan stasiun TM3 yang paling banyak kandungan nitratnya jika dibandingkan dengan stasiun-stasiun lainnya. Tetapi secara umum kandungan nitrat di perairan Teluk Manado masih pada kondisi yang memungkinkan bagi pertumbuhan fitoplankton karena menurut Chu *dalam* Sediadi (1999), pertumbuhan yang terbaik adalah pada konsentrasi nitrogen antara 0.9-3.5 ppm. Sedangkan menurut Mackentum (1969), kadar nitrat yang optimum untuk pertumbuhan fitoplankton berkisar antara 3.9 – 15.5 ppm. Kandungan kurang dari 0.114 ppm akan menyebabkan nitrat menjadi faktor pembatas.

Sebaran konsentrasi nitrat antar stasiun di perairan Teluk Manado selama penelitian disajikan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Konsentrasi nitrat (mg/l) pada masing-masing stasiun di Perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).

## Fosfat

Hasil pengukuran kadar fosfat di perairan Teluk Manado selama penelitian yaitu tertinggi 5.73 ppm dan terendah 0.11 ppm. Konsentrasi fosfat rata-rata pada masing-masing stasiun adalah sebagai berikut : pada stasiun TM1 0.57 ppm, stasiun TM2 1.03 ppm, stasiun TM3 0.90 ppm, stasiun TM4 0.59 ppm, stasiun TM5 1.37 ppm, dan stasiun TM6 3.27 ppm (Tabel 9).

**Tabel 9. Kisaran dan rata-rata fosfat (ppm) pada setiap stasiun selama penelitian**

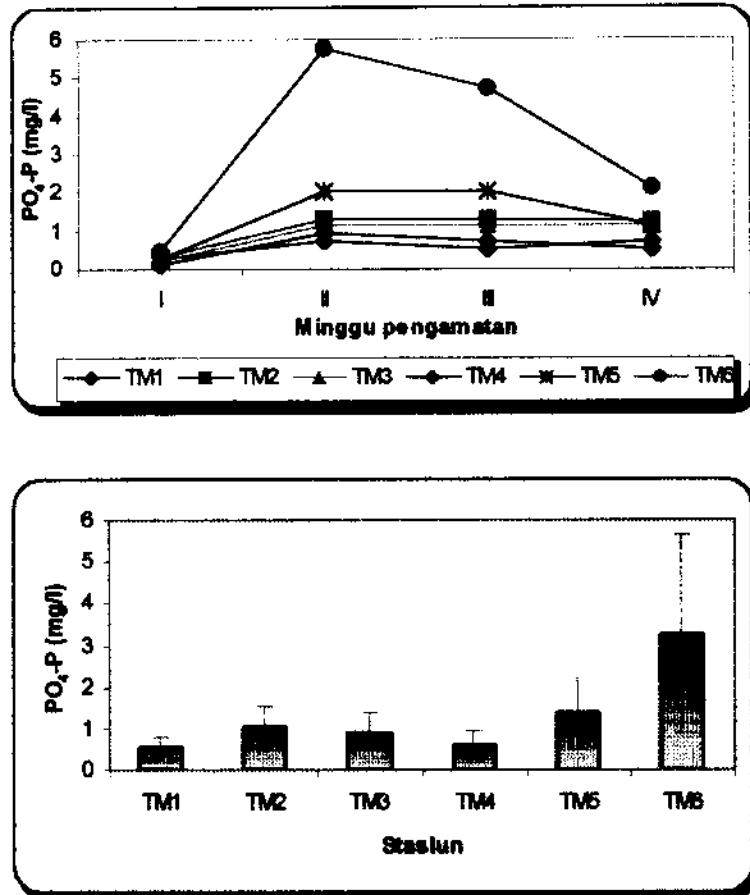
Stasiun	Kisaran	Rata-rata $\pm$ S. Deviasi
TM1	0.24 - 0.75	0.57 $\pm$ 0.24
TM2	0.29 - 1.31	1.03 $\pm$ 0.49
TM3	0.21 - 1.14	0.90 $\pm$ 0.46
TM4	0.11 - 0.94	0.59 $\pm$ 0.36
TM5	0.25 - 2.04	1.37 $\pm$ 0.85
TM6	0.48 - 5.73	3.27 $\pm$ 2.40

Menurut Bruno *et al.* (1979) dalam Widjaja (1994) kadar fosfat yang optimal bagi pertumbuhan fitoplankton adalah 0.27 – 5.51 ppm, maka dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kandungan fosfat di perairan Teluk Manado belum menjadi faktor pembatas sehingga memungkinkan bagi pertumbuhan fitoplankton.

Kadar fosfat tertinggi tercatat pada stasiun TM6. Kadar fosfat pada stasiun ini lebih tinggi dari stasiun yang lain karena lokasi ini pada saat penelitian baru dilakukan pengerukan, sehingga kaya akan zat hara fosfat

yang berasal dari hasil disosiasi senyawa ortofosfat yang terdapat dalam sedimen-sedimen di dasar perairan tersebut. Faktor lain yang juga diduga mempengaruhi tinggi rendahnya kadar fosfat di perairan Teluk Manado adalah kepadatan fitoplankton. Seperti yang terlihat pada stasiun TM3 (Gambar 11), dimana kelimpahan fitoplanktonnya tinggi sedangkan kadar fosfatnya rendah (Gambar 10). Tingginya kelimpahan fitoplankton pada stasiun TM3 ini diikuti dengan rendahnya kadar fosfat. Hal ini dibuktikan oleh Marshall dan Orr *dalam* Koesoebiono (1981), dimana di perairan yang agak tertutup yaitu di Loch Shriven Inggris, kenaikan sel diatom (fitoplankton) selalu diiringi dengan penurunan kadar fosfat. Diduga hal ini juga terjadi di Teluk Ambon (Sutomo *dalam* Edward dan Manik, 1987), dan hal ini mungkin juga terjadi di perairan Teluk Manado. Sebaran konsentrasi fosfat antar stasiun di perairan Teluk Manado selama penelitian yaitu pada Gambar 10.





Gambar 10. Konsentrasi fosfat (mg/l) pada masing-masing stasiun di Perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).

#### 4.2. Komposisi jenis dan kelimpahan fitoplankton

Komposisi fitoplankton yang dijumpai di perairan Teluk Manado terdiri atas 3 klas yaitu klas Bacillariophyceae (diatom) 15 genera, klas Dhyrophyceae (dinoflagellata) 7 genera, dan klas Cyanophyceae yang diwakili oleh 1 genus (Lampiran 2-5). Pada setiap pengamatan, diatom yang selalu dijumpai pada komunitas fitoplankton di perairan Teluk Manado adalah *Chaetoceros* sp, *Bacteriastrum* sp, *Rhizosolenia* sp, *Coscinodiscus* sp, *Thalassionema* sp dan *Thalassiothrix* sp. Sedangkan untuk dinoflagellata adalah *Ceratium* sp, *Dinophysis* sp, *Pyrocystis* sp, *Prorocentrum* sp, dan *Noctiluca* sp. Hal yang sama juga ditemukan oleh Sediadi (1997) di Perairan pantai Teluk Ambon dimana untuk kelompok diatom didominasi oleh *Bacteriastrum* sp, *Chaetoceros* sp, *Rhizosolenia* sp, *Coscinodiscus* sp, *Pelagothrix* sp, *Thalassionema* sp, *Thalassiothrix* sp dan kelompok dinoflagellata didominasi oleh *Ceratium* sp, dan *Dinophysis* sp. Menurut Arinardi (1997) untuk perairan pantai, diatom terpenting terdiri dari *Chaetoceros* sp, *Coscinodiscus* sp, dan *Rhizosolenia* sp. Sedangkan Dinoflagellata yang utama antara lain *Ceratium* sp, *Dhynophysis* sp, dan *Noctiluca* sp.

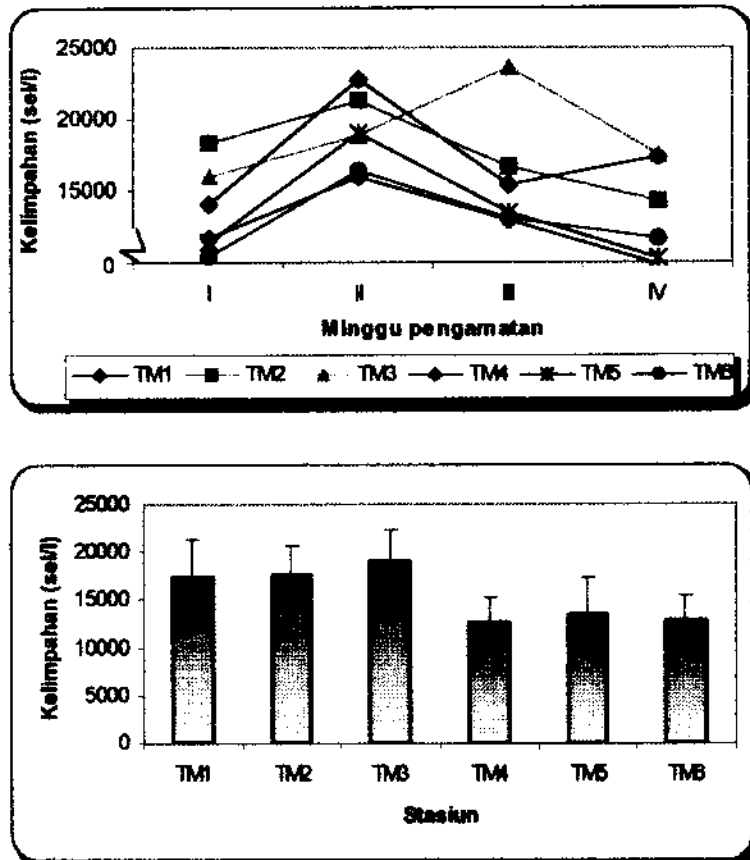
Menurut Parsons *et al.* (1984) diatom selalu terdapat pada semua perairan terutama pantai, sedangkan dinoflagellata dan Cyanophyceae selalu terdapat pada semua perairan tropis. Khusus untuk *Chaetoceros* sp, genus ini selalu dijumpai pada daerah tropis dan daerah dingin (Friedrich,

1969), di perairan Teluk Jakarta (Adnan, 1980), serta di perairan Teluk Ambon (Sediadi, 1997). Menurut Adnan (1980), fitoplankton terutama *Chaetoceros* sp terdapat di seluruh perairan yang jumlahnya dipengaruhi oleh kandungan fosfor dan nitrat yang terbawa oleh air hujan, walaupun tidak selamanya demikian karena seperti hasil yang didapatkan oleh Tufail (1992) yang menunjukkan bahwa genus *Chaetoceros* mempunyai kontribusi pada produktivitas primer tetapi produktivitas primer tidak selamanya berkaitan dengan nutrisi suatu perairan. Demikian juga yang didapatkan oleh Wiadnyana (1998) di Pesisir Digul Irian Jaya dimana kelompok terpenting yang tercatat dari komposisi fitoplankton adalah diatom dan dinoflagellata.

Adapun kisaran dan rata-rata kelimpahan fitoplankton (sel/liter) pada setiap stasiun di perairan Teluk Manado selama penelitian seperti yang terlihat pada Tabel 10.

**Tabel 10. Kisaran dan rata-rata kelimpahan fitoplankton (sel/liter) pada setiap stasiun selama penelitian**

Stasiun	Kisaran	Rata-rata $\pm$ S. Deviasi
TM1	13996 - 22838	17403 $\pm$ 3870
TM2	14317 - 21245	17647 $\pm$ 2914
TM3	15928 - 23628	18957 $\pm$ 3333
TM4	9910 - 16015	12635 $\pm$ 2564
TM5	10234 - 18965	13507 $\pm$ 3883
TM6	10464 - 16436	12896 $\pm$ 2582



Gambar 11. Kelimpahan fitoplankton (sel/l) pada masing-masing stasiun di Perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).

### Keanekaragaman fitoplankton

Hasil analisis keanekaragaman fitoplankton/Indeks Shannon-Weaver (bits) di perairan Teluk Manado selama penelitian diperoleh nilai tertinggi 3.245 bits di stasiun TM2 minggu pengamatan I dan terendah 2.920 bits di stasiun TM4 minggu pengamatan IV. Jumlah genus fitoplankton tertinggi

26 genera di stasiun TM3 minggu pengamatan III dan terendah 18 genera di stasiun TM6 minggu pengamatan I, II, dan IV. Untuk nilai rata-rata Indeks diversitas antar stasiun adalah sebagai berikut di stasiun TM1 3.149 bits, stasiun TM2 3.173 bits, stasiun TM3 3.132 bits, stasiun TM4 3.006 bits, stasiun TM5 3.203 bits, dan stasiun TM6 3.105 bits (Tabel 11).

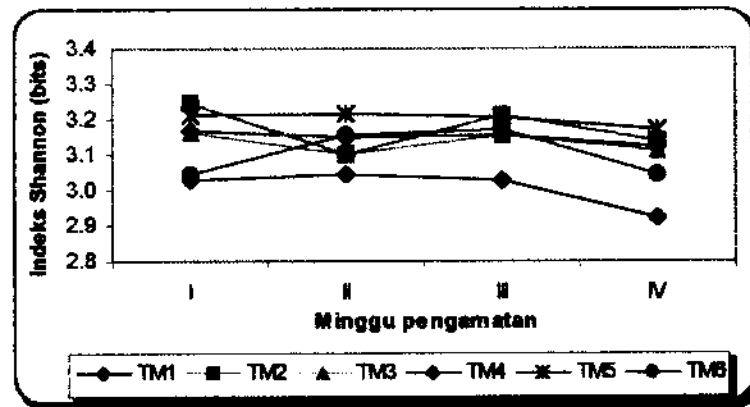
**Tabel 11. Kisaran Indeks Shannon (bits) pada setiap stasiun selama penelitian**

Stasiun	Kisaran
TM1	3.214 – 3.168
TM2	3.099 – 3.245
TM3	3.098 – 3.161
TM4	2.920 – 3.045
TM5	3.174 – 3.219
TM6	3.042 – 3.174

Fitoplankton terdiri dari beberapa genus dan masing-masing genus mempunyai kepekaan dalam memanfaatkan faktor lingkungan. Perbedaan dari masing-masing genus terhadap faktor lingkungan inilah yang menyebabkan bervariasinya keanekaragaman jenis pada setiap stasiun. Stasiun TM4 nilai indeks diversitasnya terendah, kemungkinan karena letak stasiun ini dekat pantai yang mendapat pengaruh dari aktivitas di darat dan limbah domestik.

Secara keseluruhan keanekaragaman fitoplankton di perairan Teluk Manado relatif sama. Dari nilai indeks diversitas yang diperoleh diketahui bahwa perairan Teluk Manado memiliki keanekaragaman yang tinggi atau

perairan ini termasuk stabil. Nilai indeks ini juga menunjukkan komunitas fitoplankton di perairan Teluk Manado tidak didominasi oleh satu atau dua genus saja. Karena menurut Parsons *et al.* (1984) nilai indeks diversitas berkisar antara 1 – 3 berarti keanekaragaman sedang atau perairan cukup stabil, sedangkan nilai indeks diversitas lebih besar dari 3 berarti bahwa keanekaragaman tinggi atau perairan stabil. Pada Gambar 12 disajikan fluktuasi keanekaragaman fitoplankton berdasarkan Indeks Shannon.



Gambar 12. Indeks Shannon (bits) pada masing-masing stasiun di Perairan Teluk Manado selama penelitian.

## Hubungan antara kelimpahan fitoplankton dengan kandungan klorofil-a

Distribusi kandungan klorofil-a di perairan Teluk Manado selama penelitian yaitu tertinggi 1.088  $\mu\text{g/ml}$  dan terendah 0.012  $\mu\text{g/ml}$ . Untuk kandungan klorofil-a rata-rata antar stasiun adalah sebagai berikut pada stasiun TM1 0.185  $\mu\text{g/ml}$ , stasiun TM2 0.223  $\mu\text{g/ml}$ , stasiun TM3 0.546  $\mu\text{g/ml}$ , stasiun TM4 0.265  $\mu\text{g/ml}$ , stasiun TM5 0.166  $\mu\text{g/ml}$ , dan stasiun TM6 0.144  $\mu\text{g/ml}$  (Tabel 12).

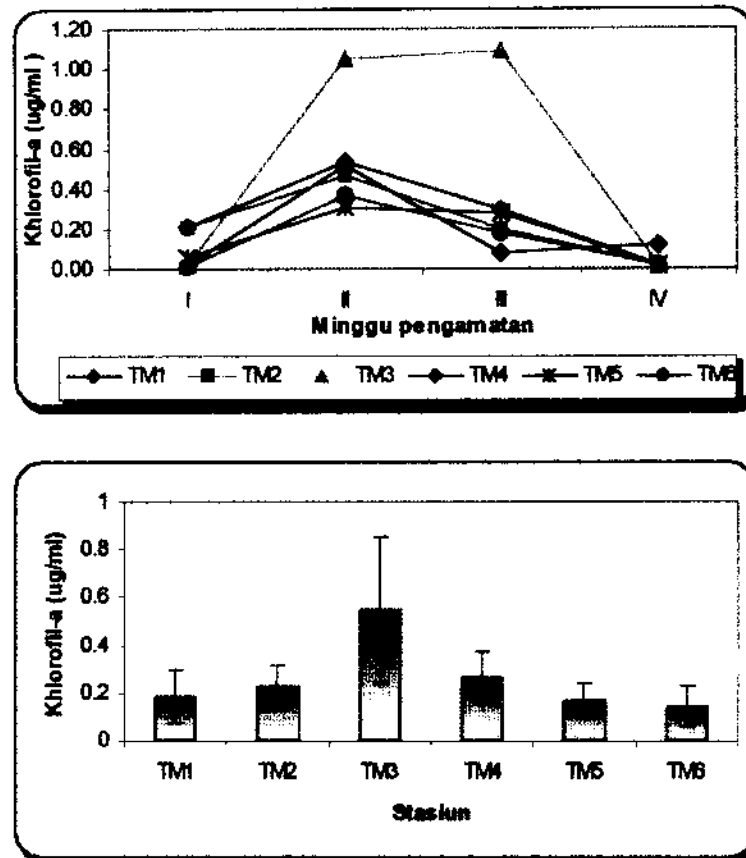
**Tabel 12. Kisaran dan rata-rata Klorofil-a ( $\mu\text{g/ml}$ ) pada setiap stasiun selama penelitian**

Stasiun	Kisaran	Rata-rata $\pm$ S. Deviasi
TM1	0.023 - 0.518	0.185 $\pm$ 0.226
TM2	0.023 - 0.463	0.223 $\pm$ 0.181
TM3	0.021 - 1.088	0.546 $\pm$ 0.605
TM4	0.021 - 0.532	0.265 $\pm$ 0.212
TM5	0.016 - 0.312	0.166 $\pm$ 0.150
TM6	0.012 - 0.366	0.144 $\pm$ 0.166

Kandungan klorofil-a tertinggi tercatat pada stasiun TM3 dan terendah pada stasiun TM6. Dari hasil yang diperoleh ini terlihat bahwa kandungan terpadat dijumpai pada stasiun-stasiun yang agak jauh dari pantai seperti stasiun TM3 dan terendah di stasiun TM6 pada perairan dekat pantai. Dikaitkan dengan hasil perhitungan kelimpahan fitoplankton, terlihat bahwa pada stasiun TM3 (Gambar 11) kelimpahannya paling tinggi jika dibandingkan dengan stasiun lainnya. Hal yang sama juga didapatkan

oleh Wiadnyana (1998) di perairan Pesisir Digul Irian Jaya dimana kandungan klorofil terpadat dijumpai pada stasiun-stasiun agak jauh dari pantai sedangkan kandungan yang rendah ditemukan pada perairan dekat pantai dimana terdapat pengaruh pasang surut yang lebih kuat dibandingkan dengan perairan yang lebih jauh dari pantai. Tetapi tingginya kelimpahan fitoplankton di Perairan Teluk Manado (Gambar 11) tidak selamanya diikuti oleh naiknya kandungan klorofil-a (Gambar 13 dan Lampiran 8b).





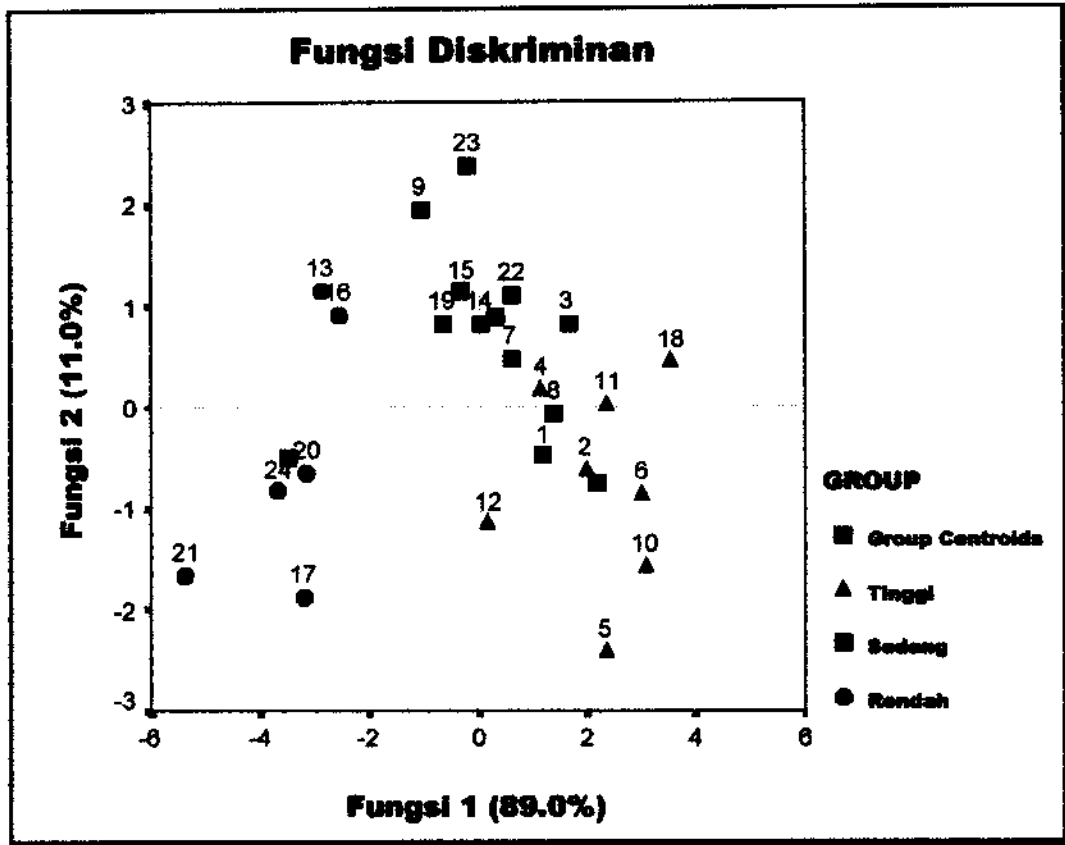
Gambar 13. Kandungan klorofil-a ( $\mu\text{g/ml}$ ) pada masing-masing stasiun di Perairan Teluk Manado selama penelitian (garis tegak pada gambar bawah adalah simpangan baku).

Dari hasil analisis regresi antara kelimpahan fitoplankton dengan kandungan klorofil-a (Lampiran 8b) diperoleh adanya hubungan yang linier ( $P < 0.05$ ). Walaupun diketahui dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) baik antara total kelimpahan fitoplankton maupun per klas tidak menunjukkan hubungan yang kuat. Hubungan ini dilihat dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yaitu yang tertinggi pada klas Cyanophyceae 0.5310, kemudian diikuti oleh total fitoplankton 0.4987, diatom 0.4899, dinoflagellata 0.4501, dan lain-lain 0.3886. Hal yang sama juga didapatkan oleh Wiadnyana (1998) di Perairan Pesisir Digul Irian Jaya, dan Effendi dan Susilo (1998) di perairan sekitar PLTU Krakatau Steel Cilegon Jawa Barat. Dimana kadar klorofil belum tentu memiliki korelasi positif dengan kelimpahan fitoplankton. Demikian juga yang didapatkan oleh Hoepffner dan Satyhendranath (1991) dalam Sediadi (1997) yang menyatakan bahwa klorofil-a merupakan pigmen utama pada fitoplankton tetapi tidak memiliki hubungan linier dengan kelimpahan fitoplankton. Jadi tingginya kadar klorofil tak selalu diikuti dengan tingginya kelimpahan fitoplankton yang tercacah. Diduga bahwa tidak semua jenis fitoplankton memiliki proporsi klorofil-a yang sama sehingga kontribusinya juga berbeda pada total kandungan klorofil-a. Kondisi seperti ini juga dapat terjadi akibat dari adanya sel fitoplankton berukuran sangat kecil yang tidak tertangkap dengan jaring plankton yang digunakan sehingga belum seluruh sel terkuantifikasi. Karena menurut Sherr *et al.* (1986) dalam Wiadnyana (1998), fitoplankton

yang berukuran kecil ( $< 5 \mu\text{m}$ ) sering mendominasi komunitas fitoplankton dan dapat memberikan kontribusi  $> 50\%$  dari biomassa total. Selain itu juga diduga kondisi lingkungan turut berpengaruh. Dari hasil Kromatografi Lapis Tipis (KLT) diketahui bahwa di perairan Teluk Manado selain pigmen klorofil-a juga terdapat pigmen tipe Fucoxantin,  $\beta$ - $\beta$ -Carotene, tipe Zeaxantin, tipe Diatoxanthin dan ada yang tidak teridentifikasi (Straub 1987; Goodwin 1988; Britton *et al.*, 1995).

#### 4.3. Hubungan antara parameter fisika kimia air dengan kelimpahan fitoplankton

Pengukuran parameter fisika kimia air di perairan Teluk Manado selama penelitian disajikan pada Lampiran 1. Untuk melihat keterkaitan antara kelimpahan fitoplankton dengan parameter fisika kimia air digunakan analisis diskriminan dengan memilih stasiun sebagai satuan observasi dan parameter fisika kimia sebagai variabel. Hasil Analisis Diskriminan dapat di lihat pada Gambar 14, dan Lampiran 6. Dari analisis ini dapat diketahui parameter-parameter yang sangat terkait atau berpengaruh dalam membedakan tinggi rendahnya kelimpahan fitoplankton. Sebelum analisis ini dijalankan, terlebih dahulu nilai kelimpahan fitoplankton dikelompokkan berdasarkan nilainya. Dalam pengelompokan ini digunakan tiga kategori relatif (rendah, sedang, tinggi) berdasarkan keseluruhan nilai kelimpahan fitoplankton yang dikelompokkan. Jadi nilai tiap kategori berbeda tergantung keseluruhan nilai yang dianalisis. Data yang digunakan dalam analisis diskriminan untuk kelimpahan fitoplankton yaitu : Grup 1 (rendah)  $< 12500$  (sel/l); Grup 2 (sedang)  $12500-17000$  (sel/l); dan Grup 3 (tinggi)  $> 17000$  (sel/l). Peranan masing-masing variabel dalam membedakan tinggi rendahnya kelimpahan fitoplankton dapat dilihat dari koefisien persamaan diskriminan (terstandarisasi) dan struktur matriks pada tiap sumbu seperti yang disajikan dalam Tabel 14.



Gambar 14. Analisis Diskriminan Kelimpahan Fitoplankton

Hal Cipta: Pridandari, Universitas

1. Otolak sebagai sumber energi untuk pertumbuhan dan metabolisme sumber

2. Berperan dalam siklus karbon organik perairan, perairan, perairan dari

3. Berperan dalam siklus nitrogen organik perairan, perairan, perairan

4. Berperan dalam siklus sulfur organik perairan, perairan, perairan

5. Berperan dalam siklus oksigen organik perairan, perairan, perairan

6. Berperan dalam siklus fosfor organik perairan, perairan, perairan

7. Berperan dalam siklus silika organik perairan, perairan, perairan

8. Berperan dalam siklus besi organik perairan, perairan, perairan

9. Berperan dalam siklus mangan organik perairan, perairan, perairan

10. Berperan dalam siklus zink organik perairan, perairan, perairan

11. Berperan dalam siklus tembaga organik perairan, perairan, perairan

12. Berperan dalam siklus kadmium organik perairan, perairan, perairan

13. Berperan dalam siklus selenium organik perairan, perairan, perairan

14. Berperan dalam siklus kobalt organik perairan, perairan, perairan

15. Berperan dalam siklus nikel organik perairan, perairan, perairan

16. Berperan dalam siklus bor organik perairan, perairan, perairan

17. Berperan dalam siklus bromin organik perairan, perairan, perairan

18. Berperan dalam siklus yodium organik perairan, perairan, perairan

19. Berperan dalam siklus vanadium organik perairan, perairan, perairan

20. Berperan dalam siklus kromium organik perairan, perairan, perairan

21. Berperan dalam siklus mangan organik perairan, perairan, perairan

22. Berperan dalam siklus besi organik perairan, perairan, perairan

23. Berperan dalam siklus nikel organik perairan, perairan, perairan

24. Berperan dalam siklus tembaga organik perairan, perairan, perairan

25. Berperan dalam siklus kadmium organik perairan, perairan, perairan

26. Berperan dalam siklus selenium organik perairan, perairan, perairan

27. Berperan dalam siklus kobalt organik perairan, perairan, perairan

28. Berperan dalam siklus nikel organik perairan, perairan, perairan

29. Berperan dalam siklus bor organik perairan, perairan, perairan

30. Berperan dalam siklus bromin organik perairan, perairan, perairan

**Tabel 13. Nilai rata-rata parameter fisika-kimia pada masing-masing kategori relatif (rendah, sedang, tinggi) terhadap kelimpahan fitoplankton di perairan Teluk Manado selama penelitian.**

Parameter	Rendah	Sedang	Tinggi	F	Sig
Suhu (°C)	25.83	27.20	26.75	2.844	0.081
Salinitas (‰)	23.17	31.30	31.75	15.638	0.000*
Kecerahan (m)	4.88	8.35	10.44	2.355	0.119
Kec.arus (cm/det)	20.67	14.90	14.63	3.946	0.035*
pH	8.18	8.24	8.18	0.698	0.509
Oks.Terlarut (mg/l)	2.97	3.80	4.31	12.880	0.000*
NO <sub>3</sub> (mg/l)	1.63	1.77	1.94	5.229	0.014*
PO <sub>4</sub> (mg/l)	0.92	1.68	1.07	0.741	0.489

Keterangan : Tanda (\*) adalah parameter yang berpengaruh nyata

**Tabel 14. Koefisien dan struktur matriks setiap parameter pada masing-masing fungsi Diskriminan kelimpahan fitoplankton di perairan Teluk Manado selama penelitian**

Parameter	Koefisien		Struktur Matriks	
	Sumbu 1	Sumbu 2	Sumbu 1	Sumbu 2
Suhu	0.055	0.192	0.165	0.435*
Salinitas	0.282	0.832	0.500*	0.483
Kecerahan	-1.648	0.262	0.204*	-0.034
Arus	-0.535	0.384	-0.250*	-0.248
PH	0.710	0.063	0.015	0.314*
Oks.terlarut	1.598	-0.274	0.478*	-0.089
NO <sub>3</sub>	1.019	-1.056	0.293*	-0.244
PO <sub>4</sub>	-0.578	1.016	0.034	0.312*

Keterangan : Tanda (\*) menunjukkan dimana suatu parameter lebih besar korelasinya.

Dari hasil analisis diskriminan kelimpahan fitoplankton dengan karakteristik fisika kimia perairan (Tabel 13), diketahui bahwa variabel-variabel yang memiliki nilai rata-rata signifikan ( $P < 0.05$ ) berbeda antar

grup adalah salinitas, kecepatan arus, oksigen terlarut, dan nitrat, sedangkan empat parameter lainnya yaitu suhu, kecerahan, pH dan fosfat tidak menunjukkan adanya perbedaan rata-rata yang nyata antar grup. Kelompok dimana ditemukan kelimpahan fitoplankton yang rendah memiliki karakteristik perairan yang rata-rata parameter salinitasnya sangat rendah yaitu 23.17 ‰, oksigen terlarut yang rendah 2.97 ppm, nitrat yang rendah 1.63 ppm dan kecepatan arus rata-rata yang sangat tinggi 20.67 cm/detik. Sebaliknya pada kelompok yang memiliki kelimpahan fitoplankton yang relatif tinggi memiliki nilai rata-rata salinitas 31.75 ‰, oksigen terlarut 4.31 ppm, dan nitrat yang tinggi 1.94 ppm serta kecepatan arus yang lambat yaitu 14.63 cm/detik (Tabel 13).

Keragaman tinggi rendahnya kelimpahan fitoplankton dapat dijelaskan pada fungsi diskriminan (sumbu 1) sebesar 89.0 % dengan akar ciri sebesar 5,348 artinya adalah bahwa sebagian besar atau 89.0 % dari seluruh keragaman tinggi rendahnya kelimpahan fitoplankton dapat dibedakan berdasarkan nilai parameter fisika kimia dalam persamaan fungsi diskriminan (sumbu 1), dan selebihnya 11.0 % dijelaskan dalam persamaan fungsi diskriminan (sumbu 2) dengan akar ciri 0,663 (Lampiran 6c). Parameter mana yang berperan lebih besar dalam membedakan tinggi rendahnya kelimpahan fitoplankton tersebut dapat di lihat dari nilai koefisien dan struktur matriks yang menunjukkan ke fungsi diskriminan mana suatu parameter lebih besar korelasinya.

Parameter salinitas, kecepatan arus, oksigen terlarut, dan nitrat memiliki peranan yang sangat besar dalam membedakan tinggi rendahnya kelimpahan fitoplankton di perairan Teluk Manado (Tabel 13). Meskipun demikian parameter lainnya juga ikut berperan bersama-sama tetapi dengan peranan yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan empat parameter ini. Mekanisme keterkaitan antara kelimpahan fitoplankton dengan parameter-parameter tersebut dapat dijelaskan dengan proses-proses biofisik yang mungkin terjadi.

Dari hasil analisis yang diperoleh dapat dijelaskan bahwa salinitas merupakan salah satu parameter lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton di perairan Teluk Manado. Hal ini disebabkan oleh adanya daya toleransi yang berbeda antar spesies untuk hidup dan tumbuh dalam kisaran salinitas yang berbeda. Lagi pula umumnya organisme laut bersifat stenohaline (Odum, 1971). Boney (1989) dalam Basmi *dkk.* (1995) menyatakan bahwa perbedaan salinitas perairan laut dari arah pantai ke laut lepas merupakan suatu faktor pembatas bagi distribusi fitoplankton. Dimana fitoplankton laut yang ditumbuhkan pada perairan tawar akan mengalami pengkerutan sel dan berakhir dengan pecahnya sel. Sebaliknya fitoplankton air tawar yang ditumbuhkan pada perairan laut akan mengalami plasmolisis.

Kecepatan arus menunjukkan korelasi negatif dimana kelimpahan fitoplankton menurun dengan meningkatnya kecepatan arus. Korelasi



terbalik ini mungkin terjadi karena meningkatnya kecepatan arus, dapat mempertinggi peluang terangkutnya populasi fitoplankton yang hidupnya melayang ke tempat lain. Sebaliknya pada kondisi perairan yang relatif tenang dimana kecepatan arus relatif rendah terlihat kelimpahan fitoplankton relatif tinggi.

Perbedaan rata-rata kandungan oksigen terlarut antar grup pada kelimpahan fitoplankton terjadi karena oksigen terlarut merupakan produksi dari proses fotosintesa. Kelimpahan fitoplankton yang tinggi jelas akan menghasilkan oksigen yang lebih banyak jika dibandingkan dengan kelimpahan fitoplankton yang lebih rendah. Jadi kelimpahan fitoplankton yang tinggi cenderung menghasilkan kandungan oksigen yang tinggi sebagai hasil dari proses fotosintesa. Menurut Moriber (1974) dalam Rochyatun dan Susana (1998), sumber oksigen di dalam perairan berasal dari difusi udara, fotosintesis fitoplankton dan tumbuhan benthik serta air sungai yang melimpah ke laut. Nielsen (1975); Clark (1977) dalam Widjaja (1994) menambahkan bahwa peningkatan produktivitas primer hasil proses fotosintesis sebanding dengan jumlah oksigen yang dihasilkannya, dan kandungan oksigen terlarut di perairan dapat memberikan petunjuk tentang tingginya produktivitas primer suatu perairan.

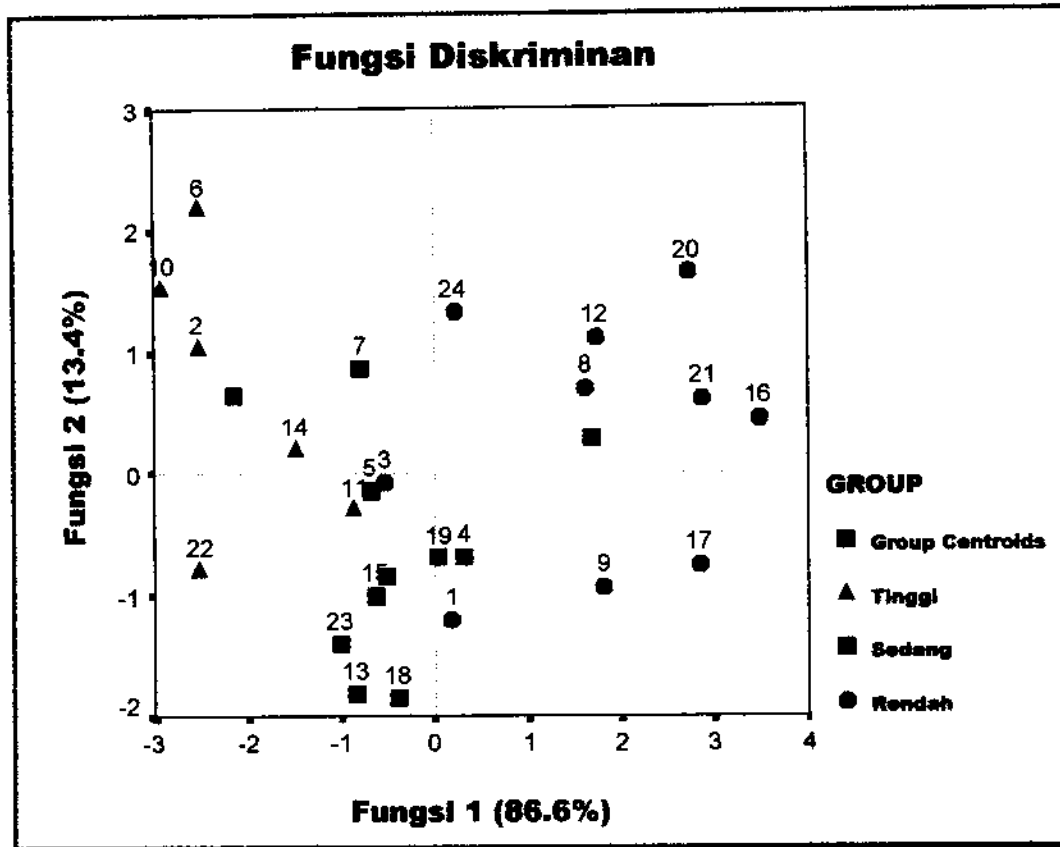
Nitrat memiliki peranan dalam membedakan tinggi rendahnya kelimpahan fitoplankton dengan perbedaan rata-rata yang signifikan antar grup. Perbedaan kandungan nitrat pada waktu dan tempat di perairan



Teluk Manado dapat mengakibatkan perbedaan kelimpahan fitoplankton. Menurut Sumich (1992) dan Tomascik *et al.* (1997), peningkatan dan pertumbuhan populasi fitoplankton pada perairan berhubungan dengan ketersediaan nutrien dan cahaya. Untuk kandungan fosfat yang tidak berperan besar dalam membedakan tinggi rendahnya kelimpahan fitoplankton di perairan Teluk Manado menunjukkan bahwa kandungan nutrien khususnya fosfat belum merupakan faktor pembatas atau masih dalam kisaran yang cukup untuk pertumbuhan fitoplankton. Demikian pula halnya dengan pH, kecerahan dan suhu tidak terlalu bervariasi antar stasiun maupun waktu yang menyebabkan perbedaan kelimpahan fitoplankton.

#### **4.4. Hubungan antara parameter fisika kimia air dengan kandungan klorofil-a**

Hasil analisis diskriminan untuk melihat hubungan parameter fisika kimia perairan dengan kandungan klorofil-a dapat di lihat pada Gambar 15 dan Lampiran 7. Data yang digunakan dalam analisis diskriminan untuk kandungan klorofil-a dikelompokkan ke dalam tiga kategori atau Grup yaitu : Grup 1 (rendah)  $< 0.10 \mu\text{g/ml}$ ; Grup 2 (sedang)  $0.11-0.35 \mu\text{g/ml}$ ; Grup 3 (tinggi)  $>0.35 \mu\text{g/ml}$ .



Gambar 15. Analisis Diskriminan Kandungan Klorofil-a.

Pengaruh keseluruhan variabel dalam pengelompokan tinggi rendahnya kandungan klorofil-a didapatkan bahwa sebanyak 86.6% keragaman tinggi rendahnya kandungan klorofil-a dapat dijelaskan dengan baik oleh keempat parameter yaitu suhu, salinitas, kecepatan arus dan oksigen terlarut, yang berperan besar dalam membentuk sumbu diskriminan pertama dengan akar ciri sebesar 2.771, sedangkan empat parameter lainnya yang berperan dalam pembentukan sumbu diskriminan kedua hanya dapat menjelaskan 13.4% dari keragaman total dengan nilai akar ciri sebesar 0.429 (Lampiran 7 c). Peranan masing-masing variabel dalam membedakan tinggi rendahnya kandungan klorofil-a dapat dilihat dari koefisien persamaan diskriminan (terstandarisasi) dan struktur matriks pada tiap sumbu seperti yang disajikan dalam Tabel 16.

Hasil analisis diskriminan untuk kandungan klorofil-a dimana suhu, salinitas, kecepatan arus dan oksigen terlarut berperan dalam membedakan tinggi rendahnya kandungan klorofil-a (Tabel 15). Suhu yang tidak berperan banyak dalam membedakan tinggi rendahnya kelimpahan fitoplankton justru berperan dalam membedakan kandungan klorofil-a, sedangkan nitrat yang berpengaruh pada kelimpahan fitoplankton tidak menunjukkan adanya pengaruh terhadap kandungan klorofil-a.



**Tabel 15. Nilai rata-rata parameter fisika-kimia pada masing-masing kategori relatif (rendah, sedang, tinggi) terhadap kandungan klorofil-a di Perairan Teluk Manado selama penelitian.**

Parameter	Rendah	Sedang	Tinggi	F	Sig
Suhu (°C)	26.00	27.25	27.17	3.722	0.041*
Salinitas (‰)	26.60	31.00	32.00	3.809	0.039*
Kecerahan (m)	20.10	15.00	11.50	3.129	0.065
Kec.arus (cm/det)	3.43	3.75	4.33	11.248	0.000*
pH	6.63	7.06	12.25	0.221	0.804
Oks.Terlarut (mg/l)	8.22	8.19	8.21	3.895	0.036*
NO <sub>3</sub> (mg/l)	1.71	1.80	1.92	2.068	0.151
PO <sub>4</sub> (mg/l)	0.79	1.60	1.70	1.193	0.323

Keterangan : Tanda (\*) adalah parameter yang berpengaruh nyata

**Tabel 16. Koefisien dan struktur matriks setiap parameter pada masing-masing fungsi Diskriminan kandungan klorofil-a di Perairan Teluk Manado selama penelitian**

Parameter	Koefisien		Struktur Matriks	
	Sumbu 1	Sumbu 2	Sumbu 1	Sumbu 2
Suhu	-0.164	-0.407	-0.320	-0.404*
Salinitas	0.166	-1.011	-0.350*	-0.228
Kecerahan	-0.513	0.979	-0.276	0.451*
Arus	0.924	0.192	0.622*	0.035
pH	0.758	0.391	0.040	0.197*
Oks.terlarut	-0.268	0.479	-0.354*	0.236
NO <sub>3</sub>	-0.166	0.357	-0.263*	0.108
PO <sub>4</sub>	-0.630	0.451	-0.192*	-0.162

Keterangan : Tanda (\*) menunjukkan dimana suatu parameter lebih besar korelasinya.

Kehidupan berbagai jenis fitoplankton dapat dipengaruhi oleh salinitas perairan dan salinitas bervariasi seiring dengan pergantian musim hujan dan musim kemarau sehingga hanya biota yang mempunyai

toleransi tinggi yang dapat hidup, dan akhirnya akan mempengaruhi kelimpahan fitoplankton serta kandungan klorofil-a. Menurut Sediadi (1999) variasi musiman suhu salinitas sangat mempengaruhi distribusi mendasar fitoplankton, zooplankton dan organisme lainnya. Selanjutnya Nontji (1993) menambahkan, sebaran salinitas di laut dipengaruhi antara lain oleh curah hujan, dan aliran sungai. Pada minggu pengamatan I dan IV kondisinya hujan, dan hujan dapat menyebabkan air tawar dari darat tercurah ke laut secara berlebihan yang akhirnya dapat mempengaruhi salinitas, karena bersama aliran dari darat ini selain zat-zat organik (terbawa pula zat-zat anorganik yaitu partikel-partikel lumpur dan detritus yang dapat menyebabkan kecerahan air menjadi rendah sehingga kegiatan fotosintesis yang dilakukan terhambat pula, dan kandungan klorofil menjadi rendah. Hasil yang didapatkan oleh Riyono (1989) di pantai Kartini Jepara yaitu aliran sungai dan musim hujan berpengaruh pada kandungan klorofil.

Kecepatan arus menunjukkan korelasi negatif dimana kandungan klorofil-a menurun dengan meningkatnya kecepatan arus. Sebaliknya pada kondisi perairan yang relatif tenang dimana kecepatan arus relatif rendah terlihat kelimpahan fitoplankton dan kandungan klorofil-a relatif tinggi.

Perbedaan rata-rata kandungan oksigen terlarut antar grup pada kandungan klorofil-a terjadi karena oksigen terlarut merupakan produksi dari proses fotosintesa. Kelimpahan fitoplankton yang tinggi akan



menghasilkan oksigen yang lebih banyak jika dibandingkan dengan kelimpahan fitoplankton yang lebih rendah. Meskipun parameter oksigen terlarut ini memiliki kontribusi dalam pembentukan sumbu diskriminan pertama pada kandungan klorofil-a, namun sangat sulit untuk dipastikan bahwa karena oksigen terlarut yang tinggi menyebabkan kandungan klorofil-a tinggi. Untuk memastikan hal tersebut diperlukan penelitian lanjutan yang lebih cermat. Oleh karena itu disini lebih ditekankan bahwa kelimpahan fitoplankton yang tinggi cenderung menghasilkan kandungan oksigen yang tinggi sebagai hasil dari proses fotosintesa.

Hal yang sangat menarik dari hasil analisis diskriminan kelimpahan fitoplankton dan kandungan klorofil-a ini adalah pengaruh parameter suhu dan nitrat. Nitrat yang memiliki peranan dalam membedakan tinggi rendahnya kelimpahan fitoplankton dengan perbedaan rata-rata yang signifikan  $P \pm 0.014$  antar grup (Tabel 13), ternyata tidak pada kandungan klorofil-a dengan  $P \pm 0.151$  (Tabel 15). Perbedaan kelimpahan fitoplankton yang diakibatkan oleh perbedaan kandungan nitrat tersebut tidak sampai menyebabkan perbedaan kandungan klorofil-a. Hal ini berarti bahwa proporsi perbedaan kelimpahan fitoplankton yang diakibatkan oleh perbedaan nitrat, tidak sebesar proporsi perbedaan kandungan klorofil-a yang diakibatkan oleh pengaruh nitrat tersebut. Dari hasil ini dapat diduga bahwa pemanfaatan nitrat sangat besar berbeda antar spesies, dimana

spesies-spesies yang banyak memanfaatkan nitrat akan melimpah tetapi tidak terlalu banyak menyumbang pada peningkatan kandungan klorofil-a. Hal yang serupa juga didapatkan oleh Sediadi (1997) di perairan Teluk Ambon Dalam dimana kandungan klorofil-a dan kelimpahan fitoplankton tampaknya tidak mempunyai pola yang seirama. Karena kandungan klorofil-a yang tinggi tidak selalu diikuti dengan kelimpahan fitoplankton yang tinggi pula. Selanjutnya menurut Geider (1992), jumlah kandungan pigmen berbeda menurut spesies dan bahkan berbeda pada individu-individu dari spesies yang sama. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor baik faktor internal (genetik) dan beberapa faktor eksternal seperti cahaya, suhu, dan kadar zat hara. Jadi spesies-spesies yang melimpah tersebut tidak memiliki kontribusi yang besar terhadap kandungan klorofil-a.

Variasi dari zat-zat hara di suatu lokasi perairan juga mempengaruhi produksi fitoplankton. Menurut Richmond (1986), kekurangan unsur nitrogen akan menyebabkan kandungan pigmen menurun dan laju fotosintesis menjadi berkurang. Karena menurut Parsons *et al.* (1984) fotosintesis alga dikontrol oleh nutrien, suhu, pH dan salinitas. Jadi nutrien dan cahaya merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi produksi primer di laut.



(diatom) yang banyak dijumpai di perairan Teluk Manado dibanding dengan *Dynophyceae* (dinoflagellata) (Tabel 17, Gambar 16). Persentase tertinggi diatom yaitu 81.04 % di stasiun TM3, terendah 79.48 % di stasiun TM4. Untuk persentase tertinggi dinoflagellata yaitu 13.36 % di stasiun TM1 dan terendah 12.19 % di stasiun TM3. Wiadnyana (1998) juga mendapatkan di Pesisir Digul Irian Jaya, kelompok diatom lebih padat dibandingkan dengan dinoflagellata. Menurut Arinardi (1997), kecepatan membelah sel diatom tergantung kepada kondisi lingkungan dan jenis diatomnya. Ada ahli yang mengatakan pembelahan dilakukan antara 10-12 jam, ada pula antara 18-36 jam atau 24-48 jam. Sedangkan Spencer *dalam* Raymont (1963), menyatakan bahwa dalam kondisi optimal *Bacillariophyceae* (diatom) dapat berkembang biak cepat dengan laju penggandaan kurang dari 10 jam. Fitoplankton yang termasuk ke dalam klas ini mempunyai kemampuan yang baik dalam menyesuaikan diri dengan lingkungannya, perkembangbiakan dan pertumbuhannya relatif cepat. Namun para pakar sependapat bahwa pembelahan sel diatom di perairan tropis dapat lebih cepat bahkan ada yang mengatakan pembelahan sel terjadi setiap 4 jam. Umur diatom sendiri tidak diketahui tetapi diatom akan mati karena beberapa hal seperti perubahan musim, dimakan herbivore (zooplankton), kekurangan zat hara atau tenggelam ke



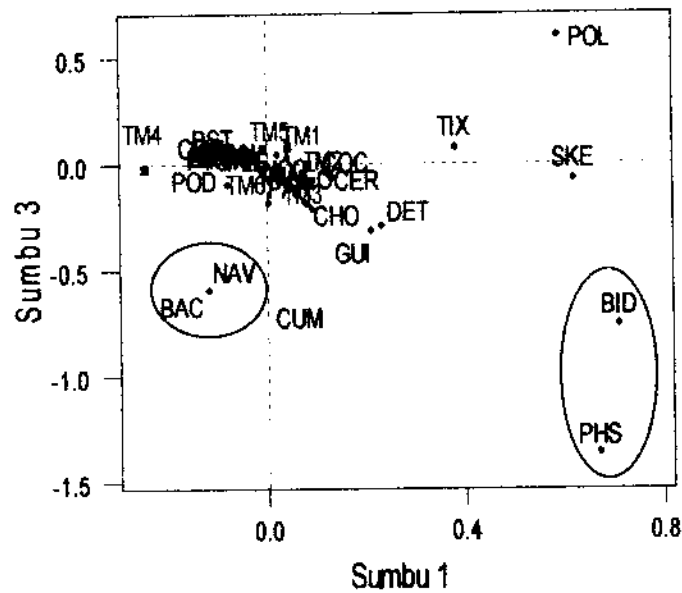
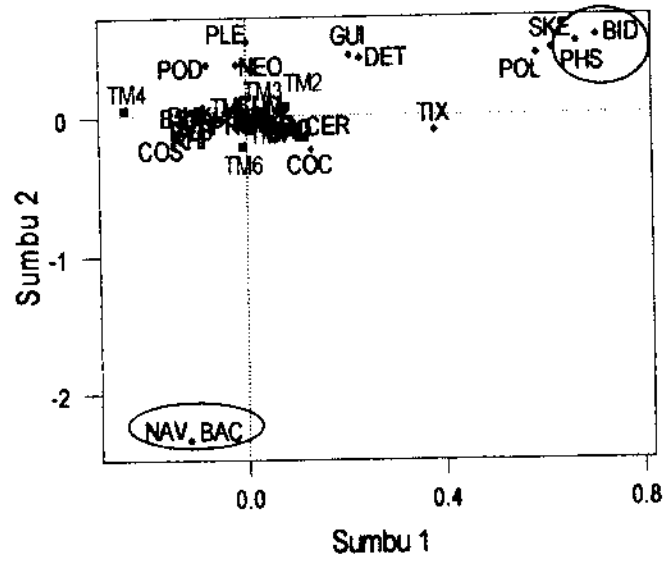
bawah lapisan air yang tidak tertembus cahaya matahari. Selajutnya Arinardi (1997) menambahkan bahwa dinoflagellata jarang melampaui kelimpahan diatom kecuali pada keadaan tertentu seperti pada peristiwa red tide.

**Tabel 17. Persentase Bacillariophyceae (Diatom), Dynophyceae (Dinoflagellata), Cyanophyceae dan lain-lain antar stasiun selama penelitian.**

Stasiun	Persentase (%)			
	Diatom	Dinoflagellata	Cyanophyceae	Lain-lain
Stasiun TM1	79.83	13.36	6.19	0.61
Stasiun TM2	79.49	12.87	6.67	0.97
Stasiun TM3	81.04	12.19	5.74	1.03
Stasiun TM4	79.48	12.59	7.07	0.86
Stasiun TM5	79.60	13.05	6.67	0.67
Stasiun TM6	80.59	12.30	6.84	0.27

Hasil analisis faktorial koresponden (AFK) terhadap 29 genera fitoplankton yang tersebar di 6 stasiun penelitian dan terbagi dalam 4 waktu pengamatan (Gambar 17), terlihat bahwa penyebaran fitoplankton antar stasiun secara umum tidak berbeda. Dari ke-29 genera yang tersebar di enam stasiun tersebut, hanya ada 4 genera yang kehadirannya sedikit serta tidak ditemukan pada semua stasiun. Keempat genus tersebut adalah *Bacillaria*, *Biddulphia*, *Navicula* (diatom), dan *Phyrophacus*

Hak Cipta: Pendidikan Universitas Indonesia  
 1. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dengan mencantumkan nama institusi asal dan sumbernya.  
 2. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dengan mencantumkan nama institusi asal dan sumbernya.  
 3. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dengan mencantumkan nama institusi asal dan sumbernya.  
 4. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dengan mencantumkan nama institusi asal dan sumbernya.  
 5. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dengan mencantumkan nama institusi asal dan sumbernya.  
 6. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dengan mencantumkan nama institusi asal dan sumbernya.  
 7. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dengan mencantumkan nama institusi asal dan sumbernya.  
 8. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dengan mencantumkan nama institusi asal dan sumbernya.  
 9. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dengan mencantumkan nama institusi asal dan sumbernya.  
 10. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dengan mencantumkan nama institusi asal dan sumbernya.



Gambar 17. Analisis Faktorial Koresponden sebaran fitoplankton

(dinoflagellata). Menurut Davis (1955) penelitian tentang kandungan fitoplankton di berbagai perairan menunjukkan adanya keragaman baik dalam jumlah maupun dalam jenisnya baik antar wilayah perairan maupun inter perairan tertentu. Walaupun lokasinya relatif berdekatan dan berasal dari massa air yang sama. Kondisi demikian disebabkan oleh bermacam-macam faktor antara lain angin, arus, proses upwelling, suhu, salinitas, zat hara, kedalaman perairan, dan pencampuran massa air.

Fitoplankton yang ditemukan di perairan ini yang termasuk beracun berat yang dapat menyebabkan berbagai macam penyakit adalah *Dinophysis* sp, *Prorocentrum* sp dan *Nitzschia* sp. Sedangkan yang kurang berbahaya tetapi dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen yang drastis dan kematian masal ikan dan vertebrata adalah *Noctiluca* sp dan *Trichodesmium* sp. Menurut Wiadnyana (1996), adanya perubahan secara global baik yang menyangkut perubahan iklim, pengkayaan zat hara di perairan pesisir, maupun peningkatan hubungan perdagangan yang mengakibatkan meningkatnya keluar dan masuk kapal-kapal niaga dari dan ke wilayah Indonesia, maka dampak yang dapat ditimbulkan dari aktivitas ini adalah meningkatnya peluang meluasnya penyebaran spesies-spesies mikroalga berbahaya dari satu perairan ke perairan lainnya.

## 5. KESIMPULAN

### 5.1. Kesimpulan

Fitoplankton yang ditemukan di perairan Teluk Manado terdiri dari klas Bacillariophyceae (diatom) 15 genera, Dynophyceae (dinoflagellata) 7 genera, Cyanophyceae 1 genus dan yang lainnya 6 genera. Klas Bacillariophyceae (diatom) yang paling banyak dijumpai dibanding dengan Dynophyceae (dinoflagellata). Persentase tertinggi diatom yaitu 81.04 % dan terendah 79.48 %. Untuk persentase tertinggi dinoflagellata yaitu 13.36 % dan terendah 12.19 %. Indeks keanekaragaman relatif sama, dengan komposisi fitoplankton relatif beragam dimana komposisi tertinggi 26 genera dan terendah 18 genera. Secara umum distribusi fitoplankton antar stasiun tidak terlalu berbeda, hanya terdapat 4 genera yaitu *Bacillaria*, *Biddulphia*, *Navicula* dan *Phyrophacus*, yang kehadirannya sedikit dan tidak ditemukan pada semua stasiun.

Kondisi lingkungan perairan Teluk Manado secara umum berada pada kisaran yang layak untuk kehidupan fitoplankton. Faktor lingkungan yang mempengaruhi peningkatan kelimpahan fitoplankton di perairan ini adalah salinitas, oksigen terlarut, kecepatan arus dan nitrat, sedangkan untuk kandungan klorofil-a dipengaruhi oleh salinitas, oksigen terlarut, kecepatan arus dan suhu.

## 5.2. Saran

Perlu adanya penelitian lanjutan untuk mengetahui pengaruh musim dan kedalaman yang berbeda terhadap kelimpahan, komposisi jenis fitoplankton, dan kandungan klorofil-a. Juga untuk melihat hubungan antara kandungan klorofil-a dengan ketersediaan oksigen terlarut. Perlunya monitoring mengingat terdapatnya genus fitoplankton yang berpotensi sebagai pemicu red tide.



## DAFTAR PUSTAKA

Adnan, Q. 1980. Fluktuasi dan sebaran *Chaetoceros* di perairan Teluk Jakarta dan sekitarnya. Lembaga Oceanologi Nasional – LIPI, Jakarta.

APHA, 1992. Standard methods for examination of water and wastewater. New York.

Arinardi, O.H. 1997. Status pengetahuan plankton di Indonesia. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia, 30: 63-95.

Arinardi, O.H., A.B. Sutomo, S.A. Yusuf, Trimaningsih, E. Asnaryanti, dan S.H. Riyono. 1997. Kisaran kelimpahan dan komposisi plankton predominan di perairan kawasan timur Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta.

Basmi, J., H. Effendi dan S. Susilo. 1995. Studi Dinoflagellata dan kemungkinannya sebagai penyebab Red Tide di Teluk Jakarta dan Pelabuhan Ratu. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Bengen, D.G. 1999. Sinopsis analisis statistik multivariabel/multidimensi. Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

Bold, H.C., and M.J. Wynne. 1985. Introduction to the algae. Second edition. Prentice-Hall. Inc. Englewood cliff. New Jersey.

Boto, K.G. 1986. Inorganic nutrients and their chemistry. Training course on the Ecophysiology of mangrove species. UNDP/UNESCO.

Britton, G., S. Liaaen-Jensen and H. Pfander. 1995. Carotenoids, Volume 1B : Spectroscopy. Birkhauser Verlag Basel. Boston.

Caroco, N., A. Tamse, O. Boutros and I. Valiela. 1987. Nutrient limitation of phytoplankton growth in brackish coastal ponds. Can. J. Fish. Aquat. Sci, 44:473-476.



- Cullen, J., M.R. Lewis, C.O. Davis and R.T. Barber. 1992. Photosynthetic characteristics and estimated growth rate indicate grazing is the proximate control of primary production in the equatorial Pacific. *J. Geophysical Research*, 97:639-654.
- Davis, C.C. 1955. *The marine and fresh water plankton*. Michigan State Univ. Press.
- Dishidros TNI AL. 2000. *Peta Perairan Indonesia, Sulawesi-Pantai Utara dan Pantai Timur Laut; Tanjung Mariri hingga Tanjung Tolu*. Dinas Hidro-Oseanografi TNI AL. Jakarta.
- Edward., J.M. Manik. 1987. Kandungan zat hara fosfat di Teluk Ambon pada musim timur dan musim barat. *Balitbang Sumberdaya Laut, Puslitbang Oseanologi-LIPI Ambon*.
- Effendi,H., S.B. Susilo. 1998. Korelasi kadar klorofil dan kelimpahan fitoplankton pada lapisan eufotik di perairan pesisir sekitar PLTU Krakatau Steel, Cilegon Jawa Barat. *J. Ilmu Pertanian Indonesia*, 7(2).
- Friedrich, H. 1969. *Marine biology*. University of Washington Press. Seattle.
- Geider, R. 1992. *Algal photosynthesis: The measurement of algal gas exchange*. Chapman Hall. London.
- Goodwin, T.W. 1988. *Plant pigments*. Academic Press, Harcourt Brace Javanovich, Publishers. Boston.
- Harborne, J.B. 1987. *Metode fitokimia: Penuntun cara modern menganalisis tumbuhan*. Penerjemah Kosasih dan Soediro. ITB. Bandung.
- Hickling, C.F. 1971. *Fish culture*. Faber and Faber. London.
- Jeffrey, S.W., G.F. Humphrey. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls *a*, *b*, *c*<sub>1</sub> and *c*<sub>2</sub> in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen (BPP)*, Bd. 167, S.191-194.

- Kaswadji, R.F., J. Pariwono, dan N.M. Natih. 1995. Gerakan air laut karena angin dan pengaruhnya terhadap biomassa fitoplankton di Teluk Pelabuhan Ratu. Laporan penelitian. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Koesoebiono. 1981. Plankton dan produktivitas bahari. Fakultas Perikanan, IPB. Bogor.
- Legendre, L., P. Legendre. 1983. Numerical ecology. Elsevier Scientific Publishing Company.
- Levasseur, M., L. Fartier, J.C. Therriault and P.J. Hamison. 1992. Phytoplankton dynamics in coastal jet frontal region. Marine Ecology Progress Series, 86:283-295.
- Levinton, J.S. 1982. Marine ecology. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Mackentum, K.M. 1969. The practice of water pollution biology. United State Department of Interior. Federal Water Pollution Control. Administration division of technical support.
- Mantiri, D.M.H., N. Sadargues, R. Castillo and J.P. Trilles. 1995. Evolution of carotenoid metabolic capabilities during the early development of the European lobster *Homarus gammarus* (Linne, 1758) Comp. Biochem. Physiol. 3:553-558.
- Mokale, A. 1997. Distribusi vertikal beberapa genus fitoplankton diatom di perairan Teluk Manado. Skripsi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Muchtar, M. 1999. Status zat hara fosfat di beberapa perairan di Pulau Jawa, Bali dan Lombok. Balitbang Oseanografi, Puslitbang Oseanologi-LIPI, Jakarta.
- Newell, G.E., R.C. Newell. 1963. Marine plankton: a practical guide. Hutchinson Educational LTD 178-202 Great Portland Street, London, W.1.
- Nontji, A. 1974. Kandungan klorofil pada fitoplankton di Laut Banda dan Laut Seram. Oseanologi Indonesia 2:1-16.

- Nontji, A. 1984. Biomassa dan produktivitas fitoplankton di Perairan Teluk Jakarta serta kaitannya dengan faktor-faktor lingkungan. Desertasi (tidak dipublikasi). Fakultas Pascasarjana Intitut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nontji, A. 1993. Laut Nusantara. Penerbit Jembatan. Jakarta.
- Nontji, A., A. G. Ilahude. 1975. Ekologi fitoplankton di Selat Bali. *Oseanologi Indonesia* 5:25-24.
- Nybakken, J.W. 1992. Biologi Laut, suatu pendekatan ekologis. Alih bahasa: H.M. Eidman, Koesoebiono, D. Bengen, M. Hutomo dan S. Sukardjo. PT. Gramedia. Jakarta.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of ecology*. W.B. Saunders Co. Philadelpia.
- Parsons, T.R., M. Takahashi and B. Hargrave. 1984. *Biological oceanography process*. Third Edition. Pergamon Press. New York.
- Raymont, J.E.Q. 1963. *Plankton and productivity in the oceans*. Pergamon Press. Great Britain by A. Wheaton & Co. Exeter.
- Ray, P., N.O.S. Rao. 1964. Density of fresh water diatom in relations to some physico chemical condition of water. *Indian journal fish* 11(1):479-484.
- Revelente, N., E. Gilmartin. 1980. Microplankton diversity indecs as indicators of eutrophycation in the Norther Adriatic Sea. *Hidrobiologia*, 70:277-284.
- Riley, G.A. 1967. The plankton of estuaries in G. Lauff (ed). *Estuaries*. American Association for the Advancement of Science. Washington DC.
- Riyono, S.H. 1989. Kesuburan perairan di pantai Kartini Jepara dan sekitarnya ditinjau dari kandungan klorofil fitoplankton. Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Laut, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI. Jakarta.
- Rochyatun, E., T. Susana. 1998. Kualitas lingkungan muara Cisadane dan Cengkareng Drain ditinjau dari kondisi oksigen terlarut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI, Jakarta.

- Romimohtarto, K., S. Juwana. 1999. Biologi laut, Ilmu pengetahuan tentang biota laut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI, Jakarta.
- Sachlan, M. 1972. Planktonologi. Correspondence Course Centre. Jakarta.
- Sanders, J.G., S.J. Cibik, C.F.D. Elia and W.R. Boynton. 1987. Nutrient enrichment studies in a coastal plain estuary changes in phytoplankton species composition. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44:83-90.
- Sanusi, H. 1995. Oseanografi kimia perairan pesisir. Training course in Integrated Coastal Zone Planning and Management (ICZPM) kerjasama PPLH LP-IPB, Bakosurtanal, ADB. Bogor.
- Sediadi, A. 1997. Distribusi spasial klorofil-a dan struktur komunitas fitoplankton di perairan Teluk Ambon Dalam. Universitas Indonesia Program Pascasarjana. Jakarta.
- Sediadi, A., A. Ulyy. 1998. Pemantauan komunitas fitoplankton di perairan mangrove Teluk Kotania, Seram Barat, Maluku Tengah. Prosidings seminar VI ekosistem mangrove Pekanbaru, 15-18 September 1998. h. 225-237.
- Sediadi, A. 1999. Ekologi dinoflagellata. *Oseana*, 4:21-30.
- Straub, O. 1987. Key to carotenoids. Birkhauser Verlag. Boston.
- Strickland, J.D.H., T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. Ottawa.
- Sumich, J.L. 1992. An introduction to the biology of marine life. Fifth edition. WCB Wm.C.Brown Publishers. United States of America Dubuque, IA.
- Susana, T. 1999. Telaah mengenai kandungan nitrat di beberapa perairan sekitar Pulau Jawa. Balitbang Oseanografi, Puslitbang Oseanologi-LIPI, Jakarta.
- Sverdrup, H.U., M.W. Johnson and R.H. Fleming. 1972. The Oceans: their physics, chemistry, and general biology. Modern Asia edition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. Charles E. Tuttle Company, Tokyo.

- Tomascik, T., A.J. Mah, A. Nontji and M.K. Moosa. 1997. The Ecology of the Indonesian Seas. Part Two. The Ecology of Indonesian Series. Vol. VIII. Periplus Editions (HK) Ltd.
- Tufail, A. 1992. Ecosystem analysis of Mediterranean Lagoon by multivariate methodology environmental implications and phytoplankton. Proceeding of the international seminar on the combat of pollution and the conservation of marine wealth in the Mediterranean Sea. The Marine Research Centre, Tajura. Bulletin No. 9-A: 5-28.
- Wiadnyana, N.N. 1993. Studi pendahuluan tentang kondisi plankton di perairan Teluk Kao pada musim angin utara. J. Fakultas Perikanan, UNSRAT. II (4):52-66.
- Wiadnyana, N.N. 1996. Mikroalga berbahaya di Perairan Indonesia. Balitbang Sumberdaya Laut, Puslitbang Oseanologi-LIPI, Ambon.
- Wiadnyana, N.N. 1997. Distribusi dan variasi pigmen fitoplankton di Teluk Tomini Sulawesi Utara. Balitbang Sumberdaya Laut, Puslitbang Oseanologi-LIPI, Poka-Ambon.
- Wiadnyana, N.N. 1998. Kesuburan dan komunitas plankton di Perairan Pesisir Digul, Irian Jaya. J. Perairan Maluku dan sekitarnya, 12 :43-53.
- Wiadnyana, N.N. 2000. Kelimpahan plankton di Perairan Selat Sele, Sorong (Irian Jaya). Majalah Ilmu Kelautan, 17 (V) : 19-28.
- Widjaja, F. 1994. Komposisi jenis, kelimpahan dan penyebaran plankton laut di Teluk Pelabuhan Ratu Jawa Barat. Fakultas Perikanan Institut Pertanian, Bogor.
- Wyrski, K. 1961. Physical oceanography of the Southeast Asian waters. NAGA.Rep.2. Scripps Inst. of oceanography La jolla, Calif.
- Yahel, G., A.F. Post, K. Fabricius, D. Marie, D. Vaultot and A. Genin. 1998. Phytoplankton distribution and grazing near coral reefs. Limnol. Oceanogr. 43(4);551-563.
- Yamaji, I. 1982. Illustrations of the marine plankton of Japan. Hoikusha publishing Co., Ltd. 17-13, 1-chome, Uemachi, Higashi-ku, Osaka, 540 Japan.



## LAMPIRAN

Mak Cipta (Inventori) Unsur-unsur

1. Diklatir mengutip sabdanya atau abstrak karya tulis itu dapat menguraikan dan memperbedakan nomor:
  - a. Pengaturan nomor arka kesentuhan pendidikan, penelitian, penelitian kerja ilmiah, penelitian laporan, penelitian kritik atau tulisan atau masalah
  - b. Penyediaan tidak sering/dua beberapa yang wajar (IPB University)
2. Diklatir menguraikan dan memperbedakan sebagai atau sebagai karya tulis itu dalam bentuk apapun tanpa (IPB University)

**Lampiran 1. Hasil pengukuran parameter fisika-kimia di Perairan Teluk Manado pada 6 stasiun selama 4 kali pengamatan.**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TM1	26	32	6.5	18	8.06	4.1	1.8	0.24	0.023
TM1	27	33	16	10	8.21	4.6	1.9	0.75	0.518
TM1	28	33	13	12	8.34	4.3	1.7	0.52	0.082
TM1	27	30	6.5	21	8.05	4.5	1.7	0.75	0.115
TM2	26	33	9.5	19	8	4.2	2.2	0.29	0.207
TM2	27	31	16	10	8.28	4.9	1.9	1.31	0.463
TM2	27	30	12	13	8.29	4.2	1.7	1.27	0.199
TM2	26	31	8	23	8.20	4.2	1.9	1.23	0.023
TM3	28	31	9.5	20	8.27	3.9	1.5	0.21	0.021
TM3	28	32	16	13	8.14	4.9	2.1	1.14	1.051
TM3	27	32	9	11	8.29	4.1	1.8	1.14	1.088
TM3	25	31	9	22	8.22	3.5	2.1	1.12	0.022
TM4	28	31	9	18	8	3.5	1.7	0.94	0.209
TM4	28	32	16	10	8.29	4.3	1.6	0.11	0.532
TM4	28	31	10	12	8.26	3.8	1.6	0.75	0.296
TM4	25	30	8.5	24	8.29	3.2	1.7	0.54	0.021
TM5	27	20	0.5	23	8.15	2.6	1.7	0.25	0.059
TM5	27	32	1.5	11	8.28	3.8	1.8	2.04	0.312
TM5	26	31	6	14	8.25	3.2	1.8	2.02	0.275
TM5	25	23	6.5	23	8.26	3.1	1.7	1.15	0.016
TM6	25	15	0.25	22	8.15	2.6	1.4	0.48	0.012
TM6	26	32	0.50	15	8.05	3.2	2.2	5.73	0.366
TM6	29	30	2	12	8.35	2.8	1.9	4.73	0.178
TM6	25	20	4.5	14	8.25	2.8	1.6	2.13	0.021

**Keterangan :**

1. Stasiun (TM1, TM2, TM3, TM4, TM5, TM6)
2. Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )
3. Salinitas ( $\text{‰}$ )
4. Kecerahan (m)
5. Kecepatan arus (Cm/detik)
6. Derajat keasaman (pH)
7. Oksigen terlarut (mg/l)
8.  $\text{NO}_3$  (mg/l)
9.  $\text{PO}_4$  (mg/l)
10. Klorofil-a ( $\mu\text{g/ml}$ )

**Lampiran 1. Hasil pengukuran parameter fisika-kimia di Perairan Teluk Manado pada 6 stasiun selama 4 kali pengamatan.**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TM1	26	32	6.5	18	8.06	4.1	1.8	0.24	0.023
TM1	27	33	16	10	8.21	4.6	1.9	0.75	0.518
TM1	28	33	13	12	8.34	4.3	1.7	0.52	0.082
TM1	27	30	6.5	21	8.05	4.5	1.7	0.75	0.115
TM2	26	33	9.5	19	8	4.2	2.2	0.29	0.207
TM2	27	31	16	10	8.28	4.9	1.9	1.31	0.463
TM2	27	30	12	13	8.29	4.2	1.7	1.27	0.199
TM2	26	31	8	23	8.20	4.2	1.9	1.23	0.023
TM3	28	31	9.5	20	8.27	3.9	1.5	0.21	0.021
TM3	28	32	16	13	8.14	4.9	2.1	1.14	1.051
TM3	27	32	9	11	8.29	4.1	1.8	1.14	1.088
TM3	25	31	9	22	8.22	3.5	2.1	1.12	0.022
TM4	28	31	9	18	8	3.5	1.7	0.94	0.209
TM4	28	32	16	10	8.29	4.3	1.6	0.11	0.532
TM4	28	31	10	12	8.26	3.8	1.6	0.75	0.296
TM4	25	30	8.5	24	8.29	3.2	1.7	0.54	0.021
TM5	27	20	0.5	23	8.15	2.6	1.7	0.25	0.059
TM5	27	32	1.5	11	8.28	3.8	1.8	2.04	0.312
TM5	26	31	6	14	8.25	3.2	1.8	2.02	0.275
TM5	25	23	6.5	23	8.26	3.1	1.7	1.15	0.016
TM6	25	15	0.25	22	8.15	2.6	1.4	0.48	0.012
TM6	26	32	0.50	15	8.05	3.2	2.2	5.73	0.366
TM6	29	30	2	12	8.35	2.8	1.9	4.73	0.178
TM6	25	20	4.5	14	8.25	2.8	1.6	2.13	0.021

**Keterangan :**

1. Stasiun (TM1, TM2, TM3, TM4, TM5, TM6)
2. Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )
3. Salinitas ( $\text{‰}$ )
4. Kecerahan (m)
5. Kecepatan arus (Cm/detik)
6. Derajat keasaman (pH)
7. Oksigen terlarut (mg/l)
8.  $\text{NO}_3$  (mg/l)
9.  $\text{PO}_4$  (mg/l)
10. Klorofil-a ( $\mu\text{g/ml}$ )



Lampiran 2. Genus dan kelimpahan fitoplankton di Perairan Teluk Manado pada minggu pengamatan I (Sel/L)

Genus Fitoplankton	Minggu Pengamatan I Stasiun					
	1	2	3	4	5	6
<b>DIATOM</b>						
<i>Bacillaria</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Bacteriastrium</i>	1734	2349	1957	1684	1611	1437
<i>Bidulphia</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Cerataulina</i>	42	92	63	32	54	45
<i>Chaetoceros</i>	3965	5145	4929	3369	2974	3492
<i>Chorethron</i>	20	78	60	30	35	28
<i>Cocconeis</i>	13	30	24	7	25	19
<i>Coscinodiscus</i>	653	921	748	763	792	699
<i>Guinardia</i>	3	25	25	8	8	0
<i>Navicula</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i>	372	417	381	372	371	307
<i>Rhizosolenia</i>	1709	2062	1798	1585	1313	980
<i>Skeletonema</i>	160	192	148	0	0	0
<i>Thalassionema</i>	1742	2056	1833	1437	1277	897
<i>Thalassiothrix</i>	758	1017	817	0	607	592
<b>Sub Total</b>	<b>11171</b>	<b>14384</b>	<b>12783</b>	<b>9287</b>	<b>9067</b>	<b>8496</b>
<b>DINOFLAGELATA</b>						
<i>Ceratium</i>	1446	1646	1481	966	996	859
<i>Dinophysis</i>	14	21	17	19	19	14
<i>Noctiluca</i>	15	30	29	13	18	18
<i>Phyrophacus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum</i>	21	30	19	19	23	15
<i>Pyrocystis</i>	421	534	486	441	393	340
<i>Polykrikos</i>	44	44	0	0	0	0
<b>Sub Total</b>	<b>1961</b>	<b>2305</b>	<b>2032</b>	<b>1458</b>	<b>1449</b>	<b>1246</b>
<b>CYANOPHYCEAE</b>						
<i>Trichodesmium</i>	792	1498	964	887	743	696
<b>Sub Total</b>	<b>792</b>	<b>1498</b>	<b>964</b>	<b>887</b>	<b>743</b>	<b>693</b>
<b>LAIN-LAIN</b>						
<i>Calciosolenia</i>	17	30	20	15	16	16
<i>Detonula</i>	9	25	49	14	15	0
<i>Neostreptothea</i>	14	30	19	18	12	0
<i>Paralia</i>	8	26	17	14	12	10
<i>Podosira</i>	5	18	20	18	17	0
<i>Pleurospis</i>	19	36	24	20	0	0
<b>Sub Total</b>	<b>72</b>	<b>165</b>	<b>149</b>	<b>99</b>	<b>72</b>	<b>26</b>

**Lampiran 3. Genus dan kelimpahan fitoplankton di Perairan Teluk Manado pada minggu pengamatan II (Sel/L)**

Genus Fitoplankton	Minggu Pengamatan II Stasiun					
	1	2	3	4	5	6
<b>DIATOM</b>						
<i>Bacillaria</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Bacteriastrium</i>	3447	2895	2490	2304	2500	2374
<i>Bidulphia</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Cerataulina</i>	84	117	89	48	128	124
<i>Chaetoceros</i>	6187	6196	6068	4360	5125	4787
<i>Chorethron</i>	45	119	88	53	84	88
<i>Cocconeis</i>	24	46	32	17	45	48
<i>Coscinodiscus</i>	1128	118	808	833	913	966
<i>Guinardia</i>	14	34	30	16	17	0
<i>Navicula</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i>	574	504	417	471	546	552
<i>Rhizosolenia</i>	2663	2594	2155	2531	2324	1785
<i>Skeletonema</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema</i>	2659	2626	2061	2105	2250	1542
<i>Thalassiothrix</i>	1418	1347	1019	0	1094	837
<b>Sub Total</b>	<b>18243</b>	<b>16596</b>	<b>15257</b>	<b>12738</b>	<b>15026</b>	<b>13103</b>
<b>DINOFLAGELATA</b>						
<i>Ceratium</i>	2110	2267	1680	1333	1600	1490
<i>Dinophysis</i>	32	30	25	30	39	28
<i>Noctiluca</i>	32	39	35	20	41	38
<i>Phyrophacus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum</i>	35	40	26	32	37	29
<i>Pyrocystis</i>	737	679	534	614	725	530
<i>Polykrikos</i>	0	0	0	0	0	0
<b>Sub Total</b>	<b>2946</b>	<b>3055</b>	<b>2300</b>	<b>2029</b>	<b>2442</b>	<b>2115</b>
<b>CYANOPHYCEAE</b>						
<i>Trichodesmium</i>	1484	1352	1088	1088	1354	1168
<b>Sub Total</b>	<b>1484</b>	<b>1352</b>	<b>1088</b>	<b>1088</b>	<b>1354</b>	<b>1168</b>
<b>LAIN-LAIN</b>						
<i>Calciosolenia</i>	30	31	24	26	30	26
<i>Detonula</i>	25	53	54	21	26	0
<i>Neostreptothea</i>	30	37	26	28	33	0
<i>Paralia</i>	26	41	32	22	25	24
<i>Podosira</i>	18	38	28	30	29	0
<i>Pleurospis</i>	36	42	31	33	0	0
<b>Sub Total</b>	<b>165</b>	<b>242</b>	<b>195</b>	<b>160</b>	<b>143</b>	<b>50</b>

Lampiran 4. Genus dan kelimpahan fitoplankton di Perairan Teluk Manado pada minggu pengamatan III (Sel/L)

Genus Fitoplankton	Minggu Pengamatan III Stasiun					
	1	2	3	4	5	6
<b>DIATOM</b>						
<i>Bacillaria</i>	0	0	0	0	0	104
<i>Bacteriastrium</i>	2081	2230	3432	1833	1841	1815
<i>Bidulphia</i>	0	69	46	0	0	0
<i>Cerataulina</i>	53	85	126	35	74	74
<i>Chaetoceros</i>	4285	4855	7492	3666	3649	4072
<i>Chorethron</i>	22	66	128	37	50	50
<i>Cocconeis</i>	14	26	44	10	30	30
<i>Coscinodiscus</i>	752	842	900	780	803	808
<i>Guinardia</i>	4	22	37	10	10	0
<i>Navicula</i>	0	0	0	0	0	84
<i>Nitzschia</i>	372	395	472	401	406	401
<i>Rhizosolenia</i>	1882	1957	2803	1883	1585	1253
<i>Skeletonema</i>	140	109	168	0	0	0
<i>Thalassionema</i>	1862	1957	2393	1635	1547	1139
<i>Thalassiothrix</i>	871	941	1272	0	757	703
<b>Sub Total</b>	<b>12338</b>	<b>13554</b>	<b>19313</b>	<b>10290</b>	<b>10752</b>	<b>10533</b>
<b>DINOFLAGELATA</b>						
<i>Ceratium</i>	1554	1432	1975	1040	1192	1090
<i>Dinophysis</i>	17	18	38	22	25	21
<i>Noctiluca</i>	16	28	45	15	25	25
<i>Phyrophacus</i>	0	0	44	0	0	0
<i>Prorocentrum</i>	22	27	38	23	27	20
<i>Pyrocystis</i>	471	492	611	490	493	421
<i>Polykrikos</i>	0	0	0	0	0	0
<b>Sub Total</b>	<b>2080</b>	<b>1997</b>	<b>2751</b>	<b>1590</b>	<b>1762</b>	<b>1577</b>
<b>CYANOPHYCEAE</b>						
<i>Trichodesmium</i>	958	966	1307	893	892	882
<b>Sub Total</b>	<b>958</b>	<b>966</b>	<b>1307</b>	<b>893</b>	<b>892</b>	<b>882</b>
<b>LAIN-LAIN</b>						
<i>Calciosolenia</i>	19	18	30	17	20	20
<i>Detonula</i>	11	37	60	15	18	0
<i>Neostreptothea</i>	16	21	37	19	18	0
<i>Paralia</i>	11	32	50	15	15	15
<i>Podosira</i>	7	24	39	20	20	0
<i>Pleurspis</i>	20	26	41	23	0	0
<b>Sub Total</b>	<b>84</b>	<b>158</b>	<b>257</b>	<b>109</b>	<b>91</b>	<b>35</b>

Lampiran 5. Genus dan kelimpahan fitoplankton di Perairan Teluk Manado pada minggu pengamatan IV (Sel/L)

Genus Fitoplankton	Minggu Pengamatan IV Stasiun					
	1	2	3	4	5	6
<b>DIATOM</b>						
<i>Bacillaria</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Bacteriastrium</i>	2421	1923	2081	1511	1412	1635
<i>Bidulphia</i>	0	35	66	0	0	0
<i>Cerataulina</i>	59	74	78	25	41	54
<i>Chaetoceros</i>	4812	4384	5781	3270	2848	3938
<i>Chorethron</i>	29	50	76	28	30	33
<i>Cocconeis</i>	17	18	28	6	20	23
<i>Coscinodiscus</i>	844	743	778	743	703	758
<i>Guinardia</i>	7	19	28	6	5	0
<i>Navicula</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i>	439	352	398	362	302	345
<i>Rhizosolenia</i>	2085	1635	1864	1531	1119	995
<i>Skeletonema</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema</i>	2088	1585	1957	372	1113	980
<i>Thalassiothrix</i>	1016	761	966	0	570	681
<b>Sub Total</b>	<b>13817</b>	<b>11579</b>	<b>14101</b>	<b>7854</b>	<b>8163</b>	<b>9442</b>
<b>DINOFLAGELATA</b>						
<i>Ceratium</i>	1703	1238	1585	822	980	960
<i>Dinophysis</i>	21	15	20	17	17	17
<i>Noctiluca</i>	21	23	31	12	16	19
<i>Phyrophacus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum</i>	26	23	21	18	21	16
<i>Pyrocystis</i>	543	431	504	416	362	393
<i>Polykrikos</i>	0	0	0	0	0	0
<b>Sub Total</b>	<b>2314</b>	<b>1730</b>	<b>2161</b>	<b>1285</b>	<b>1396</b>	<b>1405</b>
<b>CYANOPHYCEAE</b>						
<i>Trichodesmium</i>	1078	889	993	703	617	782
<b>Sub Total</b>	<b>1078</b>	<b>889</b>	<b>993</b>	<b>703</b>	<b>617</b>	<b>782</b>
<b>LAIN-LAIN</b>						
<i>Calciosolenia</i>	22	14	22	10	14	18
<i>Detonula</i>	15	30	52	10	13	0
<i>Neostreptothea</i>	20	17	22	11	9	0
<i>Paralia</i>	15	17	29	9	8	11
<i>Podosira</i>	10	19	25	12	14	0
<i>Pleuropsis</i>	25	22	28	16	0	0
<b>Sub Total</b>	<b>107</b>	<b>119</b>	<b>178</b>	<b>68</b>	<b>58</b>	<b>29</b>

### Lampiran 6. Analisis Diskriminan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Teluk Manado selama penelitian.

#### a. Grup statistik

Grup	Parameter	Mean	Std.deviasi
<b>1 (rendah)</b>	Suhu (°C)	25.8333	1.3292
	Salinitas (‰)	23.1667	6.2423
	Kecerahan (m)	4.8750	3.8332
	Kec. Arus (cm/det)	20.6667	3.8816
	pH	8.1833	0.1073
	Oks.Terlarut (mg/l)	2.9667	0.3615
	NO <sub>3</sub> (mg/l)	1.6333	0.1211
	PO <sub>4</sub> (mg/l)	0.9150	0.6788
<b>2 (sedang)</b>	Suhu (°C)	27.2000	1.1353
	Salinitas (‰)	31.3000	0.9487
	Kecerahan (m)	8.3500	4.8135
	Kec. Arus (cm/det)	14.9000	4.1486
	pH	8.2360	0.1046
	Oks.Terlarut (mg/l)	3.8000	0.5416
	NO <sub>3</sub> (mg/l)	1.7700	0.2003
	PO <sub>4</sub> (mg/l)	1.6810	1.9749
<b>3 (tinggi)</b>	Suhu (°C)	26.7500	0.8864
	Salinitas (‰)	31.7500	1.0351
	Kecerahan (m)	10.4375	5.2538
	Kec. Arus (cm/det)	14.6250	5.1530
	pH	8.1838	0.1104
	Oks.Terlarut (mg/l)	4.3125	0.5055
	NO <sub>3</sub> (mg/l)	1.9375	0.1768
	PO <sub>4</sub> (mg/l)	1.0675	0.5105
<b>Total</b>	Suhu (°C)	26.7083	1.1971
	Salinitas (‰)	29.4167	4.7724
	Kecerahan (m)	8.1771	5.0295
	Kec. Arus (cm/det)	16.2500	4.9891
	pH	8.2054	0.1058
	Oks.Terlarut (mg/l)	3.7625	0.7014
	NO <sub>3</sub> (mg/l)	1.7917	0.2062
	PO <sub>4</sub> (mg/l)	1.2850	1.3513

## Lampiran 6 : Lanjutan

## b. Matriks korelasi

Korelasi	Suhu	Sal	Kec	Arus	pH	DO	N	P
Suhu	1.000	0.217	0.250	-0.442	0.111	0.243	-0.275	-0.064
Salinitas	0.217	1.000	0.405	-0.048	-0.118	0.375	0.293	-0.058
Kecerahan	0.250	0.405	1.000	-0.264	0.216	0.807	-0.173	-0.546
Arus	-0.442	-0.048	-0.264	1.000	-0.392	-0.105	0.197	-0.230
pH	0.111	-0.118	0.216	-0.392	1.000	-0.082	-0.390	-0.013
DO	0.243	0.375	0.807	-0.105	-0.082	1.000	-0.240	-0.584
NO <sub>3</sub>	-0.275	0.293	-0.173	0.197	-0.390	-0.240	1.000	0.541
PO <sub>4</sub>	-0.064	-0.058	-0.546	-0.230	-0.013	-0.584	0.541	1.000

## c. Akar ciri

Fungsi	Akar ciri	% Variance	% Kumulatif
1	5.348	89.0	89.0
2	0.663	11.0	100.0

## d. Uji F Kelimpahan fitoplankton

Parameter	F	df1	df2	Sig
Suhu	2.844	2	21	0.081
Salinitas	15.638	2	21	<b>0.000</b>
Kecerahan	2.355	2	21	0.119
Kecepatan arus	3.946	2	21	<b>0.035</b>
pH	0.698	2	21	0.509
Oks.Terlarut	12.880	2	21	<b>0.000</b>
NO <sub>3</sub>	5.229	2	21	<b>0.014</b>
PO <sub>4</sub>	0.741	2	21	0.489

## Lampiran 6 : Lanjutan

## e. Kajian statistik

Stasiun	Grup	Score Diskriminan	
		Fungsi 1	Fungsi 2
TM1 (1)	2	1.189	-0.485
TM1 (2)	3	1.978	-0.625
TM1 (3)	2	1.655	0.824
TM1 (4)	3	1.139	0.171
TM2 (5)	3	2.335	-2.419
TM2 (6)	3	3.001	-0.860
TM2 (7)	2	0.591	0.478
TM2 (8)	2	1.390	-0.070
TM3 (9)	2	-1.060	1.944
TM3 (10)	3	3.079	-1.572
TM3 (11)	3	2.357	0.026
TM3 (12)	3	0.174	-1.152
TM4 (13)	1	-2.886	1.153
TM4 (14)	2	0.032	0.819
TM4 (15)	2	-0.313	1.134
TM4 (16)	1	-2.558	0.902
TM5 (17)	1	-3.211	-1.871
TM5 (18)	3	3.533	0.443
TM5 (19)	2	-0.664	0.815
TM5 (20)	1	-3.150	-0.642
TM6 (21)	1	-5.380	-1.663
TM6 (22)	2	0.627	1.107
TM6 (23)	2	-0.183	2.374
TM6 (24)	1	-3.675	-0.828

**Lampiran 7. Analisis Diskriminan Kandungan Klorofil-a di Perairan Teluk Manado selama penelitian.**

**a. Grup statistik**

Grup	Parameter	Mean	Std.deviasi
<b>1 (rendah)</b>	Suhu (°C)	26.0000	1.2472
	Salinitas (‰)	26.6000	6.4498
	Kecerahan (m)	20.1000	4.1486
	Kec. Arus (cm/det)	3.4300	0.6634
	pH	6.6250	3.9813
	Oks.Terlarut (mg/l)	8.2190	0.0008
	NO <sub>3</sub> (mg/l)	1.7100	0.1969
	PO <sub>4</sub> (mg/l)	0.7870	0.6137
<b>2 (sedang)</b>	Suhu (°C)	27.2500	1.0351
	Salinitas (‰)	31.0000	1.0690
	Kecerahan (m)	15.0000	3.7796
	Kec. Arus (cm/det)	3.7500	0.5657
	pH	7.0625	3.7932
	Oks.Terlarut (mg/l)	8.1850	0.1433
	NO <sub>3</sub> (mg/l)	1.8000	0.1852
	PO <sub>4</sub> (mg/l)	1.5988	1.4078
<b>3 (tinggi)</b>	Suhu (°C)	27.1667	0.7528
	Salinitas (‰)	32.0000	0.6325
	Kecerahan (m)	11.5000	2.0736
	Kec. Arus (cm/det)	4.3333	0.6408
	pH	12.2500	6.4012
	Oks.Terlarut (mg/l)	8.2100	0.0982
	NO <sub>3</sub> (mg/l)	1.9167	0.2137
	PO <sub>4</sub> (mg/l)	1.6967	2.0224
<b>Total</b>	Suhu (°C)	26.7083	1.1971
	Salinitas (‰)	29.4167	4.7724
	Kecerahan (m)	16.2500	4.9891
	Kec. Arus (cm/det)	3.7625	0.7014
	pH	8.1771	5.0295
	Oks.Terlarut (mg/l)	8.2054	0.1058
	NO <sub>3</sub> (mg/l)	1.7917	0.2062
	PO <sub>4</sub> (mg/l)	1.2850	1.3513



## Lampiran 7 : Lanjutan

## b. Matriks korelasi

Korelasi	Suhu	Sal	Kec	Arus	pH	DO	N	P
Suhu	1.000	0.258	0.281	-0.372	0.287	0.245	-0.295	-0.140
Salinitas	0.258	1.000	0.493	-0.115	0.074	0.622	0.414	-0.103
Kecerahan	0.281	0.493	1.000	-0.204	0.219	0.760	-0.082	-0.658
Arus	-0.372	-0.115	-0.204	1.000	-0.628	-0.097	0.282	-0.075
pH	0.287	0.074	0.219	-0.628	1.000	-0.029	-0.346	0.089
DO	0.245	0.622	0.760	-0.097	-0.029	1.000	0.098	-0.585
NO <sub>3</sub>	-0.295	0.414	-0.082	0.282	-0.346	0.098	1.000	0.363
PO <sub>4</sub>	-0.140	-0.103	-0.658	-0.075	0.089	-0.585	0.363	1.000

## c. Akar ciri

Fungsi	Akar ciri	% Variance	% Kumulatif
1	2.771	86.6	86.6
2	0.429	13.4	100.0

## d. Uji F Kandungan klorofil-a

Parameter	F	df1	df2	Sig
Suhu	3.722	2	21	<b>0.041</b>
Salinitas	3.809	2	21	<b>0.039</b>
Kecerahan	3.129	2	21	0.065
Kecepatan arus	11.248	2	21	<b>0.000</b>
pH	0.221	2	21	0.804
Oks.Terlarut	3.895	2	21	<b>0.036</b>
NO <sub>3</sub>	2.068	2	21	0.151
PO <sub>4</sub>	1.193	2	21	0.323



## Lampiran 7 : Lanjutan

## e. Kajian statistik

Stasiun	Grup	Score Diskriminan	
		Fungsi 1	Fungsi 2
TM1 (1)	1	0.174	-1.203
TM1 (2)	3	-2.532	1.042
TM1 (3)	1	-0.538	-0.071
TM1 (4)	2	0.312	-0.689
TM2 (5)	2	-0.684	-0.148
TM2 (6)	3	-2.517	2.182
TM2 (7)	2	-0.791	0.855
TM2 (8)	1	1.619	0.707
TM3 (9)	1	1.812	-0.938
TM3 (10)	3	-2.924	1.531
TM3 (11)	3	-0.871	-0.299
TM3 (12)	1	1.727	1.105
TM4 (13)	2	-0.851	-1.812
TM4 (14)	3	-1.488	0.198
TM4 (15)	2	-0.646	-1.006
TM4 (16)	1	3.475	0.443
TM5 (17)	1	2.838	-0.754
TM5 (18)	2	-0.403	-1.850
TM5 (19)	2	0.035	-0.695
TM5 (20)	1	2.719	1.643
TM6 (21)	1	2.868	0.613
TM6 (22)	3	-2.527	-0.786
TM6 (23)	2	-1.023	-1.404
TM6 (24)	1	0.215	1.335

**Lampiran 8. Dugaan koefisien regresi antara total kandungan klorofil-a (Y) dengan beberapa klas fitoplankton dan total kelimpahan fitoplankton (X).**

**a. Analisis Ragam**

1). Total Fitoplankton dengan Klorofil-a

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	572.2774	572.2774	21.8874	0.0001
Residual	22	575.2226	26.1465		
Total	23	1147.5000			

2). Diatom dengan Klorofil-a

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	562.2087	562.2087	21.1324	0.0001
Residual	22	585.2913	26.6042		
Total	23	1147.5000			

3). Dinoflagellata dengan Klorofil-a

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	516.5462	516.5462	18.0109	0.0003
Residual	22	630.9538	28.6797		
Total	23	1147.5000			

4). Cyanophyceae dengan Klorofil-a

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	609.3028	609.3028	24.9066	0.0001
Residual	22	538.1972	24.4635		
Total	23	1147.5000			

## Lampiran 8. Lanjutan

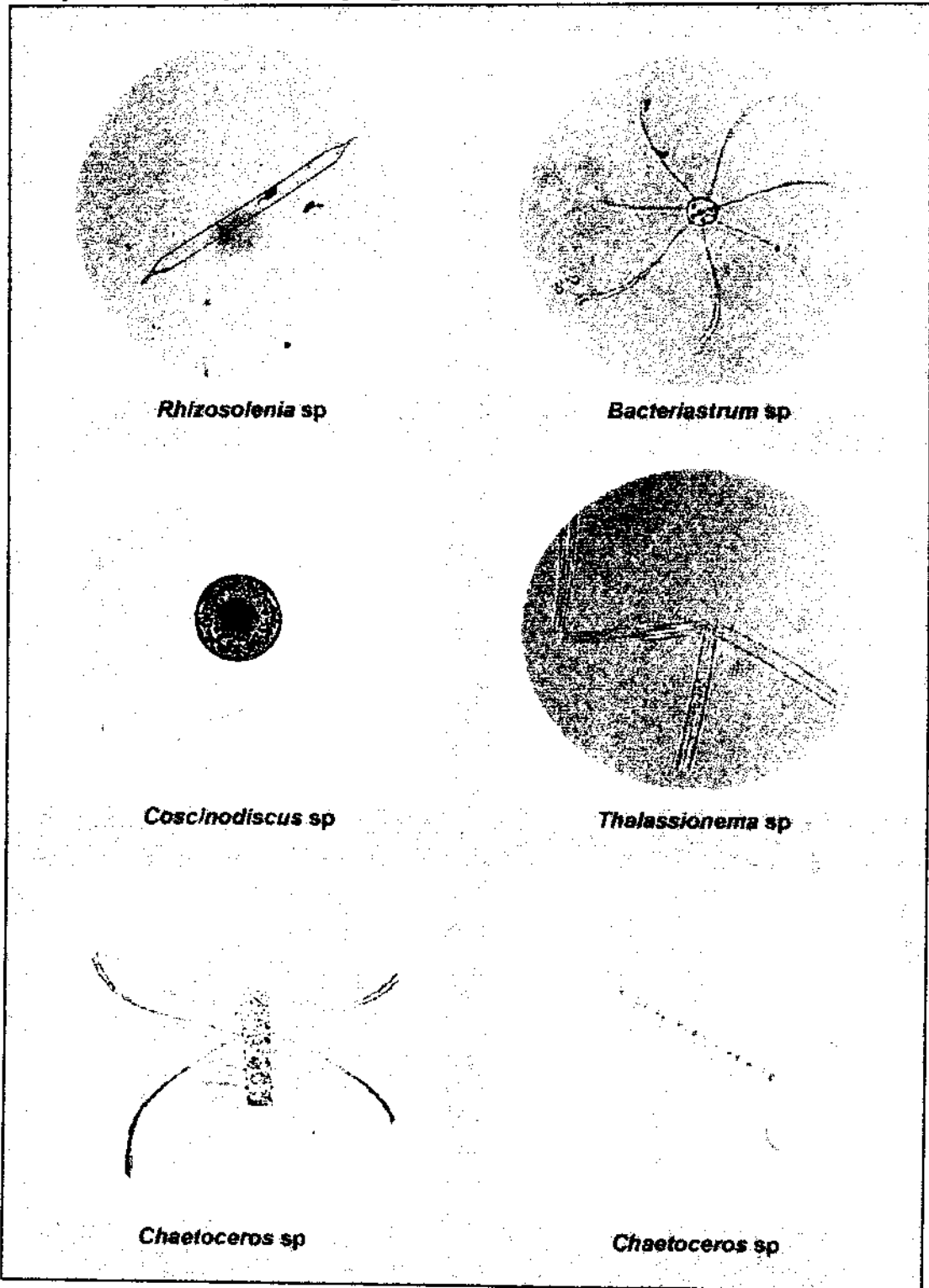
### 5). Lain-lain dengan Klorofil-a

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	445.9630	445.9630	13.9853	0.0011
Residual	22	701.5370	31.8880		
Total	23	1147.5000			

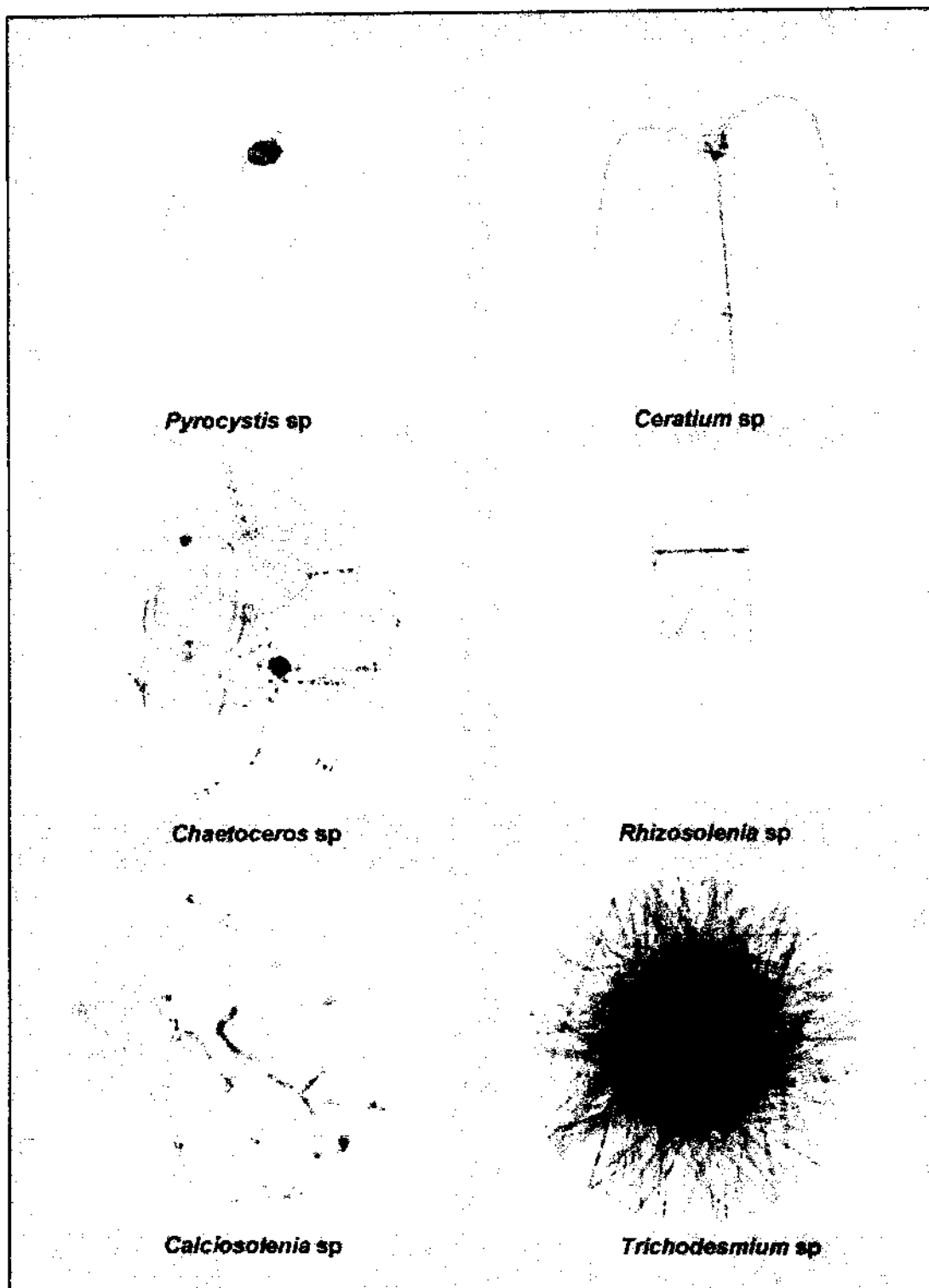
### b. Dugaan Koefisien Regresi dan Korelasi

Parameter (X)	Koefisien Regresi	Koefisien Determinasi (R <sup>2</sup> )	N
Total Fitoplankton	$Y = -7.4634 + 0.1287 \cdot 10^{-2} X$	0.4987	24
Diatom	$Y = -7.2625 + 0.1592 \cdot 10^{-2} X$	0.4899	24
Dinoflagellata	$Y = -5.8893 + 0.9314 \cdot 10^{-2} X$	0.4501	24
Cyanophyceae	$Y = -8.2197 + 2.0659 \cdot 10^{-2} X$	0.5310	24
Lain-lain	$Y = 4.3869 + 6.8779 \cdot 10^{-2} X$	0.3886	24

Lampiran 9. Fitoplankton yang ditemukan di perairan Teluk Manado.



Lampiran 9. Lanjutan



### Lampiran 10. Pelaksanaan penelitian

