

**HUBUNGAN ANTARA PARAMETER OSEANOGRAFI
DENGAN KANDUNGAN KLOOROFIL-a PADA MUSIM TIMUR
DI PERAIRAN UTARA PAPUA**

**Correlation between Oceanography Parameters and Chlorophyll-a Concentration during East
Monsoon at North Papua Waters**

*Muh. Hatta**

Diterima: 15 Oktober 2014; Disetujui: 20 November 2014

ABSTRACT

The aims of the research are to determine correlation between chlorophyll a distribution and oceanography parameter at North Papua Waters dan to identify oceanography parameter which have strong correlation on chlorophyll a distribution especially on East Monsoon. The purpose of the research provide an information about the pattern of chlorophyll a distribution and key oceanography parameter which most affected on chlorophyll a concentration at the research site. Temperature and salinity were measured using CTD (Conductivity Temperature Depth) Guildline-6000. Waters ample for measuring chemical parameter was done using Super Rosette Sampler that have Niskin Bottle that submerge with the CTD. The result showed oceanography parameter affected significantly on chlorophyll a concentration based on depth, chemical parameter. This effect was higher than other effects in particular on surface water till 200 meter depth.

Keywords: oceanography parameters, chlorophyll a distribution, East Monsoon and North Papua Waters

PENDAHULUAN

Klorofil-a merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan produktivitas primer di laut. Sebaran dan tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a sangat terkait dengan kondisi oseanografis suatu perairan. Beberapa parameter fisik-kimia yang mengontrol dan mempengaruhi sebaran klorofil-a, adalah intensitas cahaya, nutrisi (terutama nitrat, fosfat dan silikat). Perbedaan parameter fisika-kimia tersebut secara langsung merupakan penyebab bervariasinya produktivitas primer di beberapa tempat di laut.

Sejauh ini telah diketahui eratnya kaitan antara konsentrasi klorofil-a dan produktivitas primer dengan kondisi oseanografi. Di antara beberapa parameter fisika-kimia tersebut ada yang belum diketahui secara pasti parameter oseanografi mana yang memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap distribusi klorofil-a. Khususnya pada lokasi dan waktu tertentu, kajian yang melihat secara simultan beberapa parameter oseanografi dan kaitannya dengan klorofil-a. Hal ini merupakan salah satu yang melatarbelakangi penelitian ini. Seperti halnya di perairan Utara Irian Jaya kajian seperti ini masih sangat terbatas. Lokasi tersebut memiliki karakteristik massa air yang agak berbeda dengan perairan lainnya di wilayah Indonesia bagian barat. Hal ini disebabkan oleh letak geografis perairan tersebut yang berdekatan dan lebih terbuka dengan Samudra Pasifik. Pada musim timur kondisi oseanografis perairan ini banyak dipengaruhi oleh massa air dari Samudra Pasifik (Wyrski, 1961; Tchernia, 1980). Hal ini merupakan salah satu yang melatarbelakangi sehingga penelitian ini dilaksanakan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana keterkaitan antara sebaran klorofil-a dengan beberapa parameter oseanografi di Perairan Utara Irian Jaya. Selain itu untuk mengidentifikasi parameter oseanografi yang memiliki peranan besar terhadap sebaran klorofil-a khususnya pada musim timur. Kegunaan yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah dapat memberikan informasi mengenai

*** Korespondensi :**

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin
Jl. Perintis Kemerdekaan Km 10, Tamalanrea, Makassar 90245
Telp./Fax: (0411) 587000, e-mail: hattaik19@yahoo.com

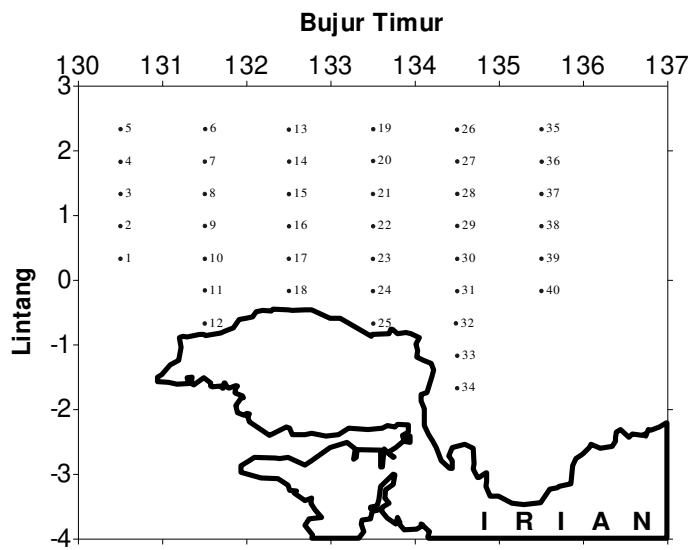
pola sebaran klorofil-a dan parameter kunci yang paling dominan dalam mempengaruhi konsentrasi klorofil-a di Perairan Utara Irian Jaya. Selanjutnya informasi itu dapat dimanfaatkan dalam upaya pengembangan pengelolaan sumberdaya perairan. Khususnya bagi industri penangkapan, informasi itu dapat digunakan sebagai salah satu petunjuk untuk memudahkan menentukan daerah penangkapan pada musim timur di lokasi tersebut.

Klorofil-a merupakan salah satu parameter biologis yang perlu diketahui dalam suatu perairan. Hal ini karena klorofil-a sangat erat kaitannya dengan produktivitas sebagai variabel yang sangat penting untuk diketahui dalam upaya pengelolaan sumberdaya laut, terutama dalam bidang perikanan. Kenyataan bahwa perairan yang memiliki karakteristik massa air (kondisi oseanografis) yang berbeda cenderung memiliki parameter biologi yang berbeda pula, menguatkan dugaan bahwa klorofil-a dan ikan pelagis (parameter biologi) terkait dengan parameter fisika-kimia perairan. Masalah utama yang menjadi kajian dalam penelitian ini adalah bagaimana menjelaskan saling keterkaitan parameter-parameter oseanografi dan parameter mana yang memiliki pengaruh yang kuat terhadap sebaran klorofil-a. Bertolak dari masalah mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi klorofil-a di suatu tempat, maka dibuat beberapa dugaan sementara hipotesis yang terkait dengan masalah tersebut. Hipotesis tersebut antara lain adalah :

- (1) Pengaruh parameter oseanografi terhadap klorofil-a berbeda berdasarkan kedalaman.
- (2) Parameter kimia (nutrien) memiliki kontribusi yang lebih besar dibandingkan dengan parameter lainnya terhadap kandungan klorofil-a.

METODE PENELITIAN

Pengambilan data penelitian ini dilaksanakan pada bulan Nopember-Desember 2012 di BPPT. Data oseanografi dan data klorofil-a yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil survei di Perairan Utara Irian Jaya yang dilakukan selama Musim Timur (tanggal 26 Juni 1992 sampai 23 Juli 1992). Walaupun data yang kami gunakan data tahun 1992 dianggap masih bisa relevan dengan kondisi saat ini karena perubahan data oseanografi tidak terlalu ekstrim untuk daerah tropis kecuali jika terjadi *el-nino* dan *la-nina*. Survei ini dilaksanakan dalam kerjasama antara Pusat Penelitian Pengembangan Oseanologi (P3O)-LIPI, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) dan Balai Penelitian Perikanan Laut-Jakarta dengan menggunakan kapal KAL Baruna Jaya I. Lokasi survei pada Musim Timur terletak pada posisi lintang antara $2^{\circ}20'16''$ LU – $1^{\circ}40'04''$ LS dan bujur antara $130^{\circ}29'55''$ BT – $135^{\circ}30'09''$ BT dengan jumlah stasiun pengamatan 40 stasiun dalam 6 transek (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Stasiun Pengambilan Sampel pada Musim Timur di Perairan Utara Irian Jaya
Pengambilan Data

Pengukuran Parameter Oseanografi

Pengukuran suhu dan salinitas dilakukan dengan menggunakan *CTD (Conductivity Temperature Depth) Guildline-6000* (nomor seri : 56236). Alat ini biasa disebut Guildline Numeric CTD Probe yang memiliki tiga buah sensor untuk mengukur tekanan, suhu, dan konduktivitas listrik.

Metode pengukuran dilakukan dengan cara menurunkan CTD dari permukaan hingga kedalaman 1000 meter dengan menggunakan “*winch*” dengan kabel sepanjang 6000 meter. Alat “*winch*” ini selain berfungsi sebagai *towing cable* juga berfungsi sebagai media transmisi data dari CTD probe ke sebuah *control unit*. Selanjutnya dari *control unit* ini data tekanan, suhu dan rasio konduktivitas dikirim ke komputer HP-9816 atau *tape recorder* untuk diolah dan direkam dalam disket/kaset.

Perekaman data dilakukan pada saat CTD mulai diturunkan (permukaan) dan selanjutnya direkam pada setiap interval 10 meter hingga kedalaman 1000 meter. Pada saat CTD diangkat naik, dilakukan pengambilan contoh air laut (untuk dianalisa) pada berbagai kedalaman standar yaitu : 0, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 600, 800 dan 1000 meter. Perhitungan salinitas dan sigma-t dilakukan dengan menggunakan formula menurut Skala Salinitas (*Practical Salinity Scale/PSS*).

Pengambilan sampel air untuk mengukur parameter kimia dilakukan dengan menggunakan “*Suber Rosette Sampler*” yang memiliki tabung Niskin yang diturunkan bersamaan dengan CTD (BPPT, 1992). Pada saat CTD diangkat, pada beberapa kedalaman standar alat ini digunakan untuk mengambil sampel air laut. Selanjutnya dilakukan pengukuran parameter kimia yaitu kadar oksigen terlarut dan zat hara (fosfat, nitrat dan silikat) di laut.

Penentuan kadar oksigen terlarut dilakukan dengan menggunakan metode *Winkler*. Dalam metode ini thiosulfat distandarisasikan dengan kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$), mangan klorida ($MnCl_2$) dan larutan campuran yang terdiri dari sodium hidroksida dan kalium iodida ($NaOH/KI$) yang berfungsi menguraikan oksigen yang terlarut dalam air (BPPT, 1992). Dalam metode ini, kadar oksigen terlarut dinyatakan dalam satuan ml/l dengan ketelitian 0,01 ml/l. Kadar oksigen dihitung dengan menggunakan formula: $[O_2] \text{ ml/l} = (5,6 \times 10 \times B \times N \times V) / (B - 0,8)$

dimana;

5,6 = faktor tetap, 1 ml natrium thiosulfat 0,005 N sebanding dengan 5,6 ml Oksigen di tekanan udara 1 atm dan suhu 0°C

10 = Volume (ml) $K_2Cr_2O_7$ yang digunakan sebagai standard

B = Volume botol sampel

N = *Normalitas natrium thiosulfat*

V = Pembacaan hasil titrasi sampel

0,8 = Penambahan pereaksi $MnCl_2$ dan NaOH, masing-masing 0,4 ml

Pengukuran kadar nutrisi (fosfat, nitrat dan silikat) dilakukan pada air sampel dari botol Niskin yang dimasukkan dalam tabung plastik 4,5 ml kemudian diukur dengan menggunakan alat Technicon Autoanalyser II yang menerapkan metode colorimetri. Alat ini dapat menganalisa (dengan ketelitian alat 0,01 $\mu\text{g A/l}$.) ketiga parameter nutrisi (fosfat, nitrat dan silikat) berdasarkan pada standar yang telah diketahui kadarnya. Selanjutnya dari nilai yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan sampel yang dianalisis melalui colorimeter yang hasilnya terekam pada suatu recorder berupa grafik dengan ketinggian tertentu (BPPT). Kadar nutrisi dinyatakan dalam satuan $\mu\text{g A/l}$, didapat dari pembacaan grafik dan perhitungan dengan menggunakan rumus :

$$[\text{Nutrien}] \mu\text{g A/l} = \frac{H_s \times C_{std}}{H_{std} - H_{sw0}} - T$$

$$T = \frac{H_t \times C_{std}}{H_{std} - H_{sw0}}$$

dimana;

- H_s = Tinggi pembacaan sampel (mm)
 H_t = Tinggi pembacaan turbidity T (mm)
 C_{std} = Konsentrasi standar yang telah ditetapkan sebelumnya ($\mu\text{g A/l}$)
 H_{std} = Tinggi pembacaan konsentrasi standar (mm)
 H_{sw0} = Tinggi pembacaan air laut yang dipakai sebagai pelarut standar (mm)

Pengukuran Klorofil-a dan Plankton

Air sampel yang digunakan untuk menghitung konsentrasi klorofil-a diambil dari kedalaman 200, 100, dan 0 meter (permukaan); masing-masing sebanyak dua sampai empat liter. Air sampel tersebut kemudian disaring dengan kertas WHATMAN HAWP berpori $0,45 \mu\text{m}$ (diameter 47 mm). Proses penyaringan dibantu dengan pompa tekan-hisap dengan daya hisap tidak lebih dari 50 cmHg. Menjelang selesai penyaringan, kertas dibilas dengan larutan magnesium karbonat, kemudian dibungkus aluminium foil lalu disimpan dalam lemari es sampai ekstraksi dikerjakan. Proses ekstraksi dilakukan dengan jalan mengendapkan contoh dalam tabung dengan menggunakan larutan aseton 90%. Endapan kemudian disentrifuge dengan putaran 4000 rpm selama 30 menit, lalu diukur ekstinsinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 750, 665, 645 dan 630 nm.

Konsentrasi klorofil-a dihitung dengan mengikuti Strickland and Parson (1968) yang dinyatakan dalam satuan mg/m^3 (berat per volume), sedangkan untuk penentuan kandungan klorofil-a per satuan luas (kolum klorofil-a) dilakukan dengan menghitung integrasi konsentrasi klorofil-a pada setiap kedalaman yang dinyatakan dalam satuan mg/m^2 .

Pengambilan contoh fitoplankton dan zooplankton dilakukan dengan cara penarikan jaring secara vertikal dari kedalaman 100 meter untuk fitoplankton dan 200 meter untuk zooplankton. Dalam pengambilan contoh fitoplankton digunakan jaring ukuran panjang 120 cm, diameter mulut jaring 31 cm dan ukuran mata jaring $80 \mu\text{m}$ (mikrometer). Untuk mengumpulkan zooplankton digunakan jaring ukuran panjang 180 cm, diameter mulut jaring 45 cm dan ukuran mata jaring $300 \mu\text{m}$. Untuk mengetahui volume air tersaring, maka dipasang *flowmeter* pada setiap jaring. Dengan mengetahui volume air tersaring, maka kandungan fitoplankton dapat ditentukan dengan cara mengendapkan hasil penyaringan lalu mengukur volume endapannya, dinyatakan dalam satuan $\text{cc}/1000 \text{ m}^3$. Untuk zooplankton dihitung volume pindahan basahnya yang juga dinyatakan dalam satuan $\text{cc}/1000 \text{ m}^3$.

Analisis Data

Untuk melihat keterkaitan antar beberapa parameter (fisika, kimia dan biologi) dengan sebaran klorofil-a, maka akan digunakan analisis statistik multivariabel (Analisis Diskriminan) dengan memilih stasiun sebagai observasi (Legendre dan Legendre, 1983; Bengen, 1999; Johnson dan Wichern, 1988). Data klorofil-a akan dianalisis menurut kedalaman (0 m, 100 m, 200 m.) untuk melihat pengaruh parameter oseanografi terhadap sebaran mendatar klorofil-a pada kedalaman tersebut. Dengan analisis diskriminan ini, akan diketahui ada tidaknya keterkaitan sekaligus mengidentifikasi parameter-parameter mana yang lebih berpengaruh terhadap pengelompokan (tinggi rendahnya) konsentrasi klorofil-a. Selain itu akan diketahui pula korelasi antar beberapa parameter baik fisika, kimia maupun biologi. Dalam analisis diskriminan, jika ada dua atau lebih parameter-parameter yang berkorelasi kuat akan digunakan salah satu saja dari parameter yang berkorelasi kuat tersebut. Oleh karena itu densitas tidak dimasukkan dalam analisis karena sangat berkorelasi kuat dengan suhu dan salinitas.

Perbedaan rata-rata kandungan klorofil-a berdasarkan kedalaman ditentukan dengan analisis sidik ragam non parameterik (Kruskall Wallis) mengikuti petunjuk Kleinbaum *et al.* (1988) dan Zar (1984). Untuk mengetahui hubungan antara klorofil-a dengan volume endapan fitoplankton dan hubungan antara volume ikan pelagis dengan volume endapan fitoplankton, volume pindahan basah zooplankton dan kedalaman batas bawah termoklin digunakan regresi linier sederhana dan berganda (Siegel, 1956, dan Kleinbaum *et al.*, 1988).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melihat keterkaitan antara sebaran klorofil-a dengan parameter oseanografi lainnya, maka digunakan analisis diskriminan dengan memilih stasiun sebagai satuan observasi dan parameter oseanografi sebagai variable (Legendre dan Legendre, 1983; Bengen, 1999; Johnson dan Wichern, 1988). Dengan analisis ini maka akan diketahui parameter-parameter yang sangat terkait atau berpengaruh dalam membedakan tinggi rendahnya kandungan klorofil-a. Jadi sebelum analisis ini dijalankan, maka terlebih dahulu nilai klorofil-a diklasifikasi atau dikelompokkan berdasarkan nilainya. Dalam pengelompokan ini digunakan tiga kategori relatif (rendah, sedang dan tinggi) berdasarkan keseluruhan nilai klorofil-a yang dikelompokkan itu. Jadi nilai tiap kategori berbeda tergantung keseluruhan nilai yang di analisis itu. Untuk melihat dengan jelas pengaruh parameter terhadap sebaran mendatar maka analisis dilakukan pada tiga kelompok kedalaman dimana data klorofil-a tersedia yaitu 0 m, 100 m, 200 m.

Klorofil-a pada permukaan – 100 meter

Berdasarkan nilai klorofil-adari hasil pengamatan, maka data klorofil-a di permukaan dikelompokkan kedalam tiga kategori (grup) yaitu rendah, sedang dan tinggi dengan kandungan klorofil-a secara berurut $< 0.07 \text{ mg/m}^3$, $0.07-0.14 \text{ mg/m}^3$ dan $> 0.14 \text{ mg/m}^3$. Berdasarkan nilai rata-rata dari setiap parameter oseanografi pada masing-masing grup atau kategori (Tabel 1), parameter yang memiliki nilai rata-rata yang berbeda ($P < 0.05$) antar grup adalah silikat dan ketebalan lapisan tercampur (batas atas lapisan termoklin). Parameter lainnya memiliki rata-rata klorofil-a yang tidak berbeda nyata antar grup. Rata-rata kadar silikat berkorelasi positif dengan kandungan klorofil-a, dimana semakin tinggi kadar silikat maka kandungan klorofil semakin tinggi. Meningkatnya tebal lapisan tercampur tidak selamanya diikuti oleh peningkatan kandungan klorofil-a meskipun di daerah yang memiliki klorofil kategori tinggi relatif lebih tebal lapisan tercampurnya dibandingkan dengan daerah yang berklorofil-a rendah.

Tabel 1. Nilai Rata-rata Parameter Fisika Kimia pada Masing-masing Kategori Relatif (Rendah, Sedang, Tinggi) Kandungan Klorofil-a di Permukaan Perairan Utara Irian Jaya Selama Musim Timur

Parameter	Rendah	Sedang	Tinggi	F	P
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	29.01	29.12	28.83	2.71	0.08
Salinitas (‰)	34.32	34.15	34.14	1.63	0.21
DO (ml/l)	4.38	4.38	4.40	0.11	0.89
Fosfat ($\mu\text{g-A/l}$)	0.30	0.39	0.33	1.26	0.30
Nitrat ($\mu\text{g-A/l}$)	0.61	0.45	0.40	0.65	0.53
Silikat ($\mu\text{g-A/l}$)	2.31	4.12	4.40	3.55	0.04
VPBZ ($\text{cc}/1000 \text{ m}^3$)	69.00	92.87	96.60	1.33	0.28
BAT (meter)	55.36	47.00	62.00	3.31	0.05

Keterangan : P = probability; VPBZ = Volume Pindahan Basah Zooplankton;
BAT = Batas Atas Termoklin = Lapisan Tercampur

Keragaman tinggi rendahnya klorofil-a dapat terjelaskan dengan persamaan fungsi diskriminan (sumbu 1) sebesar 63.8% dengan koefisien (terstandarisasi) masing-masing parameter adalah seperti disajikan dalam Tabel 2. Selebihnya 36.2% terjelaskan dalam persamaan fungsi diskriminan 2 dengan nilai dalam tabel yang sama. Artinya adalah bahwa 63.8% dari seluruh data dapat dibedakan berdasarkan tinggi rendahnya klorofil-a dari nilai parameter fisika, kimia dan biologinya dapat dijelaskan dalam persamaan fungsi diskriminan 1. Parameter yang berperan lebih besar dalam membedakan tinggi rendahnya klorofil-a tersebut dapat dilihat dari nilai koefisien dan struktur matriks yang menunjukkan ke fungsi diskriminan mana suatu parameter lebih besar korelasinya (Tabel 2). Nilai koefisien dan struktur

matriks yang lebih tinggi menunjukkan peranan yang lebih besar, demikian pula sebaliknya dengan nilai yang lebih rendah.

Tabel 2. Koefisien dan Struktur Matriks Setiap Parameter pada Masing-masing Fungsi Diskriminan Klorofil-a di Permukaan

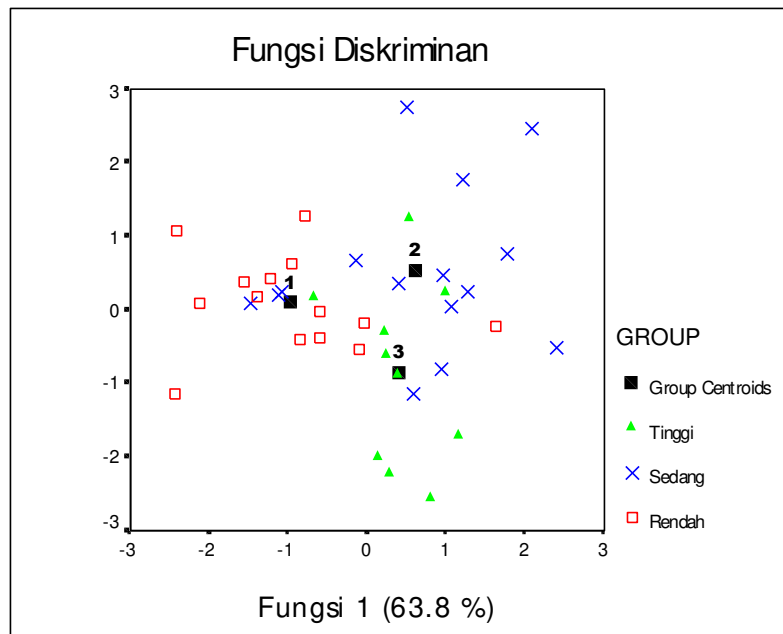
Parameter	Koef. Fungsi Diskriminan		Struktur Matriks	
	Fungsi 1	Fungsi 2	Fungsi 1	Fungsi 2
Silikat	0.689	-0.129	0.574*	-0.180
Sal	-0.203	0.203	-0.391*	0.101
VPBZ	0.681	-0.004	0.351*	-0.109
Nitrat	0.528	0.014	0.307*	0.223
Fosfat	-0.505	0.036	-0.235*	0.124
BAT	0.078	-0.735	-0.168	-0.720*
Suhu	0.271	0.666	0.057	0.678*
D O	-0.258	0.235	-0.011	-0.139*

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

Dalam Tabel 2 terlihat bahwa silikat memiliki kontribusi yang besar dalam persamaan fungsi diskriminan 1 yang berarti parameter ini yang sangat besar kaitannya dengan tinggi rendahnya klorofil-a. Sementara pada fungsi diskriminan 2 batas atas lapisan termoklin dan suhu yang menunjukkan peranan yang besar. Berdasarkan keseluruhan nilai parameter oseanografi tiap stasiun maka didapatkan sebaran tiap stasiun pada sumbu diskriminan seperti dalam Gambar 2. Antara stasiun-stasiun yang berkategori klorofil rendah (1) dengan sedang (2) maupun tinggi (3) dipisahkan oleh garis sumbu 1 atau fungsi diskriminan 1 dimana silikat berperan besar. Tebal lapisan tercampur dan suhu berperan besar dalam sumbu 2 sangat jelas membedakan antara kategori klorofil-a tinggi dengan yang sedang maupun rendah.

Hal penting yang dapat diperoleh dari hasil analisis di atas adalah bahwa silikat memiliki peranan yang sangat besar terhadap distribusi kandungan klorofil-a di permukaan. Meskipun demikian parameter lainnya juga ikut berperan bersama-sama tetapi dengan peranan yang relatif lebih kecil dibandingkan kedua parameter ini. Mekanisme keterkaitan antara distribusi klorofil-a dengan parameter-parameter tersebut dapat dijelaskan dengan proses-proses biofisik dan fisik-kimia yang mungkin terjadi seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.

Peranan silikat yang lebih tinggi dibandingkan dengan parameter lainnya sangat erat kaitannya dengan kelimpahan dan komposisi fitoplankton. Kenyataan bahwa kandungan silikat yang relatif lebih tinggi di daerah-daerah yang memiliki kandungan klorofil-a tinggi mengindikasikan jenis diatom yang cukup melimpah. Tingginya kadar silikat mungkin saja akibat dari proses percampuran atau *mixing*. Percampuran yang lebih intensif menyebabkan kadar silikat dan nutrien lainnya di permukaan akan meningkat dan berpeluang lebih besar untuk dimanfaatkan oleh fitoplankton di permukaan. Konsentrasi silikat yang terlalu rendah (rata-rata 2,31 $\mu\text{g-A/l}$) memiliki kandungan klorofil-a rendah dan semakin meningkatnya silikat diikuti pula peningkatan klorofil-a seperti yang didapatkan dalam penelitian ini.



Gambar 2. Koordinat (Skor Diskriminan) Tiap Stasiun dalam Fungsi Diskriminan Klorofil-a di Permukaan

Dengan selisih rata-rata kadar silikat yang kecil tetapi menyebabkan perbedaan rata-rata klorofil yang cukup besar antara kategori sedang dengan tinggi, memberikan indikasi bahwa kemungkinan besar kadar silikat yang ada di permukaan Perairan Utara Irian Jaya pada saat itu merupakan faktor pembatas. Akibatnya adalah akan mengontrol tinggi rendahnya populasi fitoplankton dan klorofil-a. Hal ini sangat mungkin terjadi karena sebagaimana dari beberapa hasil penelitian yang menunjukkan bahwa pada umumnya jenis fitoplankton yang dominan ditemukan di beberapa perairan di Indonesia dan perairan lain pada umumnya adalah diatom (kelas Bacillariophyceae). Diketahui bahwa diatom banyak memanfaatkan silikat untuk pembentukan dinding selnya. Oleh karena apabila kadar silikat rendah maka pertumbuhan diatom menjadi lambat dan populasi fitoplankton secara umum akan menurun sehingga kadar klorofil-a ikut menurun.

Peranan tebal lapisan tercampur dan suhu yang relatif besar dalam sumbu diskriminan 2 menunjukkan bahwa proses *mixing* di lapisan permukaan sangat erat kaitannya dengan kandungan klorofil-a. Bergolaknya massa air permukaan yang biasanya disebabkan oleh angin, menyebabkan terjadinya pencampuran dengan lapisan air di bawahnya. Proses pencampuran ini menyebabkan massa air yang di lapisan bawahnya akan terangkat naik ke permukaan. Semakin tebal lapisan tercampur maka kemungkinan terangkatnya nutrisi ke lapisan permukaan semakin besar. Karena kandungan nutrisi massa air cenderung semakin meningkat dengan bertambahnya kedalaman, maka mutlak dengan pencampuran menyebabkan meningkatnya nutrisi ke permukaan. Nutrisi yang tinggi dan didukung dengan intensitas cahaya yang cukup menyebabkan pertumbuhan fitoplankton akan lebih baik. Semakin subur fitoplankton maka kandungan klorofil-a cenderung semakin meningkat. Akibatnya adalah bahwa kandungan klorofil-a semakin meningkat pula.

Bagaimanapun juga klorofil-a sebagai salah satu parameter biologi sangat banyak dipengaruhi oleh berbagai variabel yang saling berinteraksi di laut. Apalagi di laut yang kondisinya sangat dinamis. Bukan tidak mungkin bahwa parameter yang tidak terukur dalam penelitian ini pada saat penarikan sampel yang sebenarnya justru yang lebih besar perannya dalam mengontrol tinggi rendahnya klorofil-a. Jadi dengan batasan bahwa dari seluruh parameter yang terukur dan dimasukkan dalam analisis ini, maka silikat, suhu dan batas bawah termoklinlah yang menunjukkan peranan yang lebih besar

dibandingkan dengan parameter lainnya di permukaan. Oleh karena itu berdasarkan atas hasil yang didapatkan dalam analisis ini, jelas bahwa klorofil-a di Perairan Utara Irian Jaya saat penelitian berkaitan erat dengan parameter fisika seperti tebal lapisan tercampur atau batas atas lapisan termoklin serta parameter kimia terutama silikat. Antara parameter satu dengan parameter lainnya saling terkait dan berinteraksi bersama mempengaruhi kandungan klorofil-a.

Klorofil-a pada Kedalaman 100 meter – 200 meter

Berdasarkan nilai klorofil-a yang diperoleh dari hasil pengamatan pada kedalaman 100 meter maka dikelompokkan kedalam tiga kategori masing-masing rendah ($<0.07 \text{ mg/m}^3$), sedang ($7-13 \text{ mg/m}^3$), dan tinggi ($>13 \text{ mg/m}^3$). Hasil analisis (Lampiran 4) menunjukkan bahwa tiga parameter yang rata-ratanya signifikan berbeda ($P < 0.05$) antar grup atau kategori relatif kandungan klorofil-a. Parameter tersebut adalah suhu, densitas ($\sigma-t$) dan fosfat. Suhu dan fosfat berkorelasi positif dengan klorofil-a, sebaliknya $\sigma-t$ berkorelasi negatif dengan klorofil-a. $\sigma-t$ tidak dimasukkan dalam analisis karena berkorelasi kuat dengan suhu. Jadi cukup dengan melihat pengaruh suhu maka pengaruh sebaliknya $\sigma-t$ terhadap klorofil-a dapat dijelaskan. Parameter lainnya yang memiliki nilai F yang cukup besar walaupun tidak signifikan ($P > 0.05$) adalah DO (Tabel 3).

Tabel 3. Nilai Rata-rata Parameter Fisika Kimia pada Masing-masing Kategori Relatif (Rendah, Sedang, Tinggi) Kandungan Klorofil-a Perairan Utara Irian Jaya Selama Musim Timur pada Kedalaman 100 meter

Parameter	Rendah	Sedang	Tinggi	F	P
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	23.56	24.44	24.91	6.379	0.004
Salinitas (‰)	34.81	34.88	34.87	0.353	0.705
DO (ml/l)	3.10	2.91	2.99	2.021	0.147
Fosfat ($\mu\text{g-A/l}$)	0.78	0.97	1.04	4.909	0.013
Nitrat ($\mu\text{g-A/l}$)	9.49	10.61	11.91	0.911	0.411
Silikat ($\mu\text{g-A/l}$)	11.26	13.98	16.72	1.624	0.211
VPBZ ($\text{cc}/1000 \text{ m}^3$)	89.00	82.13	85.73	0.069	0.933
BAT (meter)	52.08	51.56	59.09	0.886	0.421

Keterangan : P = probability; VPBZ = Volume Pindahan Basah Zooplankton;
BAT = Batas Atas Termoklin = Tebal Lapisan Tercampur

Suhu dan fosfat keduanya berperan besar dalam membentuk sumbu diskriminan 1 yang ditandai dari nilai koefisien dan struktur matriksnya. Sebagian besar (86.7%) dari total keragaman tinggi-rendahnya klorofil-a dijelaskan dalam sumbu 1. Kadar DO dan tebal lapisan tercampur atau batas atas lapisan termoklin merupakan parameter yang lebih banyak berperan dalam sumbu 2 yang menjelaskan sebanyak 13.3% dari keragaman total (Tabel 4).

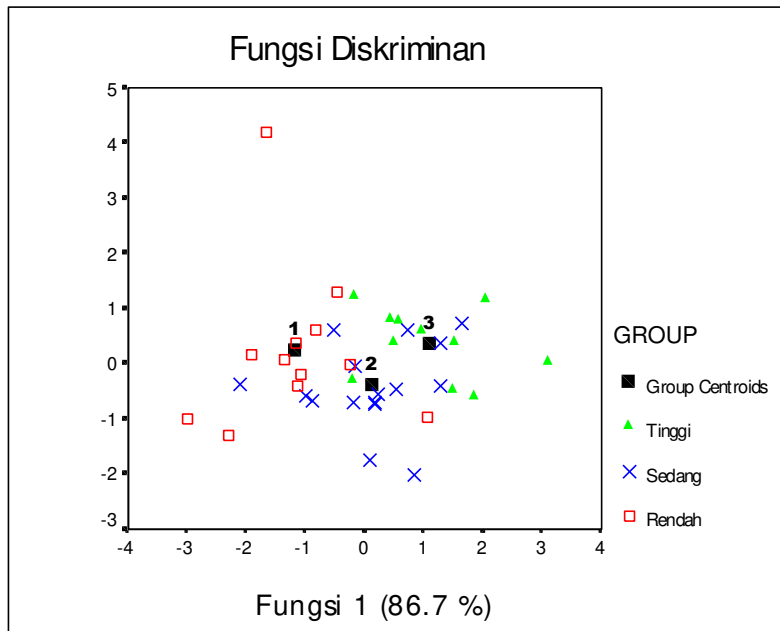
Dibandingkan dengan di permukaan, maka pada kedalaman 100 meter ini peranan suhu sangat besar. Dengan suhu yang tinggi kandungan klorofil-a semakin tinggi pula. Hal ini menunjukkan bahwa parameter ini mulai jadi faktor pembatas pada kedalaman ini. Di permukaan suhu tidak berpengaruh karena suhu masih relatif seragam dalam perairan dan masih dalam kisaran yang cukup untuk pertumbuhan fitoplankton. Perbedaan suhu $<1^{\circ}\text{C}$ antar grup sudah menunjukkan perbedaan yang cukup besar dalam kandungan klorofil-a. Begitu besarnya peranan suhu dan fosfat secara bersama dapat kita lihat dalam Gambar 3 dimana sumbu 1 yang sangat jelas memisahkan antara kategori klorofil-a yang rendah dan tinggi dengan garis sumbu yang hampir persis memotong pusat kategori sedang.

Tabel 4. Koefisien dan Struktur Matriks Setiap Parameter pada Masing-masing Fungsi Diskriminan Klorofil-a pada Kedalaman 100 meter

Parameter	Koef. Fungsi Diskriminan		Struktur Matriks	
	Fungsi 1	Fungsi 2	Fungsi 1	Fungsi 2
Suhu	0.802	0.147	0.646*	- 0.156
Fosfat	0.733	- 0.354	0.560*	- 0.261
Silikat	- 0.346	0.374	0.326*	0.078
Nitrat	0.114	0.465	0.243*	0.087
DO	0.130	0.890	- 0.222	0.738*
BAT	0.743	0.399	0.179	0.414*
Salinitas	0.468	0.058	0.128	- 0.210*
VPBZ	0.194	0.354	0.036	0.145*

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

Bagaimana suhu berpengaruh terhadap klorofil-a dapat terjadi melalui beberapa mekanisme. Yang jelas bahwa karena klorofil-a adalah sangat ditentukan oleh fitoplankton, maka pengaruh suhu terhadap fitoplanktonlah sebenarnya yang akhirnya terlihat pada klorofil-a. Aktivitas metabolisme merupakan salah satu pengaruh langsung suhu terhadap fitoplankton. Dengan semakin menurunnya suhu maka semakin menurun pula laju metabolisme sel-sel fitoplankton. Selain itu suhu mempengaruhi secara langsung banyak variabel fisika-kimia lainnya. Salah satu yang sangat erat adalah densitas yang merupakan fungsi dari suhu ini. Suhu menentukan juga daya larut hampir seluruh elemen dalam air laut. Lebih jauh lagi adalah aktivitas biologi termasuk yang berhubungan dengan fitoplankton sangat banyak dipengaruhi oleh suhu air. Apalagi pada kedalaman 100 meter yang merupakan lapisan dimana terjadi variasi suhu yang sangat drastis dengan perubahan kedalaman yang kecil saja.



Gambar 3. Koordinat (Skor Diskriminan) Tiap Stasiun dalam Fungsi Diskriminan Klorofil-a pada Kedalaman 100 meter.

Pengaruh fosfat terhadap klorofil-a memperlihatkan pengaruh yang sangat jelas bahwa sedemikian kecilnya kadar dan variasi di permukaan sehingga belum memperlihatkan efek berbeda yang begitu besar terhadap klorofil-a. Pada kedalaman 100 meter rata-rata kadar fosfat meningkat dari 0.34 $\mu\text{g-A/l}$ di permukaan menjadi 0.93 $\mu\text{g-A/l}$. Kenyataan ini bukan berarti bahwa fosfat baru terbatas pada kedalaman ini, karena rata-rata kadarnya justru meningkat dengan semakin meningkatnya kedalaman. Yang terjadi adalah bahwa parameter lainnya yang justru memiliki pengaruh yang lebih besar, misalnya silikat dan ketebalan lapisan tercampur di permukaan.

Oleh karena itu dari hasil ini dapat dikatakan bahwa kedalaman dimana keterbatasan fosfat di Perairan Utara Irian Jaya lebih dalam dibandingkan dengan silikat. Artinya kadar silikat untuk kebutuhan optimal fitoplankton memiliki peningkatan lebih cepat dibandingkan fosfat dengan meningkatnya kedalaman. Alternatif lain yang dapat terjadi adalah perubahan komposisi fitoplankton sehingga terjadi perubahan dan perbedaan proporsi kebutuhan terhadap silikat dan fosfat.

Pada kedalaman ini sangat jelas sekali pengaruh nutrien yang sangat besar. Selain suhu dan fosfat peranan parameter lain yang juga memberikan kontribusi dalam membedakan antara klorofil-a sedang dengan tinggi maupun rendah. di kedalaman ini adalah DO dan tebal lapisan tercampur. Pengaruh DO dan tebal lapisan tercampur tidak memperlihatkan adanya kecenderungan klorofil-a meningkat atau menurun dengan meningkat atau menurunnya kadar DO dan kecepatan angin.

KESIMPULAN

Pengaruh parameter oseanografi terhadap kandungan klorofil-a berbeda menurut kedalaman, Parameter kimia berkontribusi relatif lebih besar dibandingkan dengan parameter lainnya terutama pada lapisan permukaan hingga kedalaman 200 meter.

Daftar Pustaka

- Agawin, N. S. R, C. M. Duarte, dan S. Agusti., 2000. **Nutrien and Temperature Control of the Contribution of Picoplankton to Phytoplankton Biomass and Production**. J. Limn. and Oceanogr., 45 (3): 591-600.
- BPPT, 1992. **Penentuan Potensi Pelagis dan Karakteristik Lingkungan Perairan Utara Irian Jaya**. Badan Pengkajian dan Penarapan Teknologi, Puslitbang Oseanologi-LIPI. Jakarta.
- Bengen, D.G. 1999. **Analisis Statistik, Multivariabel/Multidimensi**. Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hela, I., dan T. Laevastu. 1970. **Fisheries Oceanography**. Fishing News (Books) LTD. London.
- J.D.H. Stirckland, TR. Parson. 1968. **A Practicall hand Book of Sea Water Analysis**. Fish. Res.Board Canada Bull.
- Johnson, R.A dan D.W. Wichern., 1988. **Applied Multivariate Statistical Analisis 2nd Edition**. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Kleinbaum, D. G., L. L. Kupper, dan K. E. Muller., 1988. **Applied Regression Analysis and other Multivariabel Methods. 2nd Edition**. PWS-KENT Publishing Company. Boston.
- Legendre, L, dan P. Legendre. 1983. **Numerical Ecology**. Elsevier Scientific Publishing Company.
- Levinton, J. S. 1982. **Marine Ecology**. Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliffs. New Jersey.
- Mann, K. H, dan J.R.N. Lazier. 1991. **Dynamics of Marine Ecosystems, Biological-Physical Interactions in the Ocean**. Balckwell Scientific Publications. Boston.
- Ning, X, J. E. Cloern, dan B. E. Cole. 2000. **Spatial and Temporal Variability of Picoocyanobacteria *Synechococcus* sp. in San Fransisco Bay**. J. Limn. and Oceanogr., 45 (3): 695-702.

- 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.
- Parsons, T. R, dan T. A. Kessler. 1987. **an Ecosystem Model for the Assesment of Plankton Production in Relation to The Survival of Young Fish**. Jur. Of Plank. Res. Vol 9, No. 1: 125-37.
- Sharples, J, C. M. Moore, T. P. Rippeth, P. M. Holligan, D. J. Hydes, N. R. Fisher, dan J. H. Simpson. 2001. **Phytoplankton Distribution and Survival in The Thermocline**. J. Limn. and Oceanogr., 46 (3): 486-496.
- Siegel, S., 1956. **Nonparametric Statistics, for the Behavioral Sciences**. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Steele, H. S. dan Erick. W. H, 1984. **Modelling Long-Term Fluctuation in Fish Stocks**. Science, Vol. 224.
- Tchernia, P. 1980. **Descriptive Regional Oceanography**. Pergamon Press Ltd. New York.
- Valiela, I. 1984. **Marine Ecological Processes**. Springer-Verlag. New York, USA.
- Yokanan. 1997. **Studi Distribusi Menegak Klorofil-a Selama 24 Jam dan Hubungannya dengan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Selatan Jawa Timur**. Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor (Skripsi). Bogor.
- Wyrtki, K. 1961. **Physical Oceanography of the South East Asian Waters. Naga Report. Vol. 2. Scripps Institution of Oceanography**. La Jolla. California. The University of California.
- Zar, J. H. 1984. **Biostatistical Analysis. 2nd Edition**. Prentice-Hal International, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.