

**VARIABILITAS KONSENTRASI KLOOROFIL-a DI PERAIRAN UTARA  
SUMBAWA BERDASARKAN DATA SATELIT SeaWiFS**

***VARIABILITY OF CHLOROPHYLL-a CONCENTRATION OF THE NORTHERN  
SUMBAWA WATERS BASED ON SeaWiFS SATELLITE DATA***

Bisman Nababan<sup>1</sup>, Diki Zulkarnaen<sup>1</sup>, dan Jonson Lumban Gaol<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,  
Kampus IPB-Darmaga, Bogor. Email:bisman@ipb.ac.id

**ABSTRACT**

Variability of chlorophyll-a concentrations of the northern Sumbawa waters was investigated based on SeaWiFS satellite data for the period of January 1998-December 2007. Chlorophyll-a concentration was estimated employing OC4v4 algorithm. Chlorophyll-a concentrations of SeaWiFS satellite data were obtained from the Goddard Space Flight Center, NASA archive data. In general, fluctuations of chlorophyll-a concentration of the northern Sumbawa waters had three patterns i.e., the maximum with a range of 0,21-0,74 mg/m<sup>3</sup> occurred during the West Season (November-February), the minimum with a range of 0.12-0.15 mg/m<sup>3</sup> occurred during Transition Season I (March-April), and relatively high (second peak) with a range of 0.21-0.36 mg/m<sup>3</sup> occurred during the mid-East Season until the beginning of Transition Season II (July-September). High chlorophyll-a concentration occurred during the West Season was closely related to the high rainfall, the possibility of vertical water mass mixing, and upwelling process in the northern coastal waters of Sumbawa. Meanwhile, the relatively high (second peak) of chlorophyll-a concentration occurred in July-September was caused by the movement of water masses from the South of Makassar Strait containing relatively high chlorophyll-a concentrations and relatively low temperatures since upwelling processes occurred at this location in the same period.

**Keywords:** Chlorophyll-a, northern Sumbawa waters, SeaWiFS, OC4v4, upwelling

**ABSTRAK**

Variabilitas konsentrasi klorofil-a di perairan utara Sumbawa diselidiki berdasarkan data satelit SeaWiFS periode Januari 1998–Desember 2007. Konsentrasi klorofil-a diestimasi dengan menggunakan algoritma OC4v4. Data konsentrasi klorofil-a dari satelit SeaWiFS diperoleh dari *Goddard Space Flight Center, NASA data archive*. Secara umum, fluktuasi konsentrasi klorofil-a di perairan utara Sumbawa memiliki tiga pola yaitu maksimum dengan kisaran 0,21-0,74 mg/m<sup>3</sup> terjadi pada Musim Barat (November-Februari), minimum dengan kisaran 0,12 – 0,15 mg/m<sup>3</sup> terjadi pada Musim Peralihan I (Maret-April), dan relatif tinggi (*second peak*) dengan kisaran 0,21 – 0,36 mg/m<sup>3</sup> terjadi pada pertengahan Musim Timur sampai awal Musim Peralihan II (Juli-September). Konsentrasi klorofil-a yang tinggi pada Musim Barat diduga berkaitan erat dengan jumlah curah hujan yang tinggi serta kemungkinan terjadinya pencampuran massa air vertikal dan *upwelling* di wilayah pesisir perairan utara Sumbawa. Sedangkan, konsentrasi klorofil-a yang relatif tinggi pada pertengahan Musim Timur sampai awal Musim Peralihan II (Juli-September) disebabkan oleh pergerakan massa air dari Selatan Selat Makassar yang mempunyai konsentrasi klorofil-a relatif tinggi dan suhu relatif dingin karena di lokasi ini terjadi proses *upwelling* pada periode yang sama.

**Kata Kunci:** Klorofil-a, perairan utara Sumbawa, SeaWiFS, OC4v4, upwelling

## I. PENDAHULUAN

Kondisi oseanografi di perairan utara Sumbawa secara umum dipengaruhi oleh angin Muson yang lazim disebut sebagai “*Asian-Australian Monsoon System*” yaitu Muson Tenggara (*Southeast Monsoon*) dan Muson Baratlaut (*Nothwest Monsoon*). Muson Tenggara (May-September) berasosiasi dengan angin Timur (easterlies) yang berasal dari Australia membawa udara hangat dan kering menyebabkan musim kemarau di daerah ini. Sementara itu, Muson Barat Laut (Desember-February) berasosiasi dengan angin Barat (westerlies) yang berasal dari daratan Asia membawa udara hangat dengan kandungan uap air yang tinggi menyebabkan musim hujan di daerah ini (Wyrtki, 1961; Webster *et al.*, 1998; Meyer, 1996; Susanto *et al.*, 2006; 2007). Hastenrath (1985) juga menjelaskan bahwa pada Muson Barat Laut (Musim Barat) umumnya angin bertiup sangat kencang dan curah hujan tinggi, sedangkan pada Muson Tenggara (Musim Timur) kondisi angin umumnya relatif tenang dan curah hujan rendah.

Pada saat musim hujan (Muson Barat Laut), peningkatan aliran sungai akan mempengaruhi konsentrasi klorofil-a perairan ini melalui peningkatan unsur hara dan bahan organik terlarut berwarna (*colored dissolved organic material*) (Asanuma *et al.*, 2003; Hendiarti *et al.*, 2004). Perairan dengan kandungan bahan organik terlarut berwarna (*yellow substance/gelbstof/CDOM*) yang tinggi dapat mengakibatkan error pada pendugaan konsentrasi klorofil-a dari data satelit sampai 300 % (Nababan, 2005; 2008). Selain itu, variasi konsentrasi klorofil-a di perairan utara Sumbawa yang merupakan bagian dari Laut Flores diduga dipengaruhi oleh variasi *Indonesian Through Flow* (ITF) (Susanto *et al.*, 2006). Manoppo (2003) melaporkan bahwa berdasarkan data satelit SeaWiFS

pada 14 Agustus 2002 nilai konsentrasi klorofil-a disekitar Laut Flores berkisar antara 1,4 – 2,0 mg/m<sup>3</sup>

Secara umum, informasi detail tentang kondisi oseanografi khususnya konsentrasi klorofil-a di perairan utara Sumbawa sangat minim sampai saat ini. Ekspedisi Snellius II (1984–1985) yang mencakup perairan sekitar Pulau Sumbawa bagian utara memberikan sedikit informasi yaitu keanekaragaman hayati di perairan ini banyak berasal dari daerah lain. Ekspedisi selanjutnya (17 September – 7 Oktober 1993) yang dilakukan oleh tim peneliti dari beberapa lembaga penelitian pemerintah, swasta, dan perguruan tinggi memberikan gambaran tentang biomassa fitoplankton di sekitar Pulau Moyo dimana kandungan fitoplankton pada bulan September di Teluk Saleh bernilai tiga kali lebih besar dari kandungan fitoplankton di Samudera Hindia di sebelah selatan Sumbawa (Tim Peneliti Ekspedisi Pulau Moyo, 1993). Berdasarkan data Pemkab Sumbawa (2003), rata-rata suhu permukaan laut perairan pesisir Sumbawa berkisar antara 28,0°C sampai 29,3°C.

Pemerintah Kabupaten Sumbawa mempunyai rencana strategis dalam pengelolaan sumberdaya pesisir dan laut Kabupaten Sumbawa yang akan mengembangkan Pulau Moyo (pulau kecil yang terletak di sebelah Barat Laut Pulau Sumbawa) sebagai kawasan pariwisata internasional (Pemerintah Kabupaten Sumbawa, 2003). Salah satu unsur pariwisata bahari yang akan dikembangkan adalah ekosistem terumbu karang. Berdasarkan studi awal oleh Kanno *et al.* (2009), keragaman terumbu karang di perairan Sumbawa termasuk relatif tinggi dibandingkan dengan lokasi lain di Indonesia dan berdasarkan studi lapangan dan analisis data satelit telah berhasil diidentifikasi sebanyak 31 jenis spesies terumbu karang di perairan pesisir Barat Laut Pulau Sumbawa dan Moyo.

Mengingat minimnya informasi detail tentang kondisi oseanografi dan adanya rencana Pemkab Sumbawa untuk mengembangkan wilayah pesisir Pulau Moyo untuk tujuan wisata bahari internasional, maka studi tentang kondisi oseanografi di perairan utara Sumbawa menjadi sangat penting dan urgent dilakukan. Dalam studi ini difokuskan terhadap studi variabilitas konsentrasi klorofil-a di perairan utara Sumbawa.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari variabilitas konsentrasi klorofil-a di perairan utara Sumbawa secara spasial dan temporal dari data satelit SeaWiFS periode Januari 1998 – Desember 2007, serta menjelaskan faktor-faktor penyebab variasi konsentrasi klorofil-a tersebut.

## II. METODE PENELITIAN

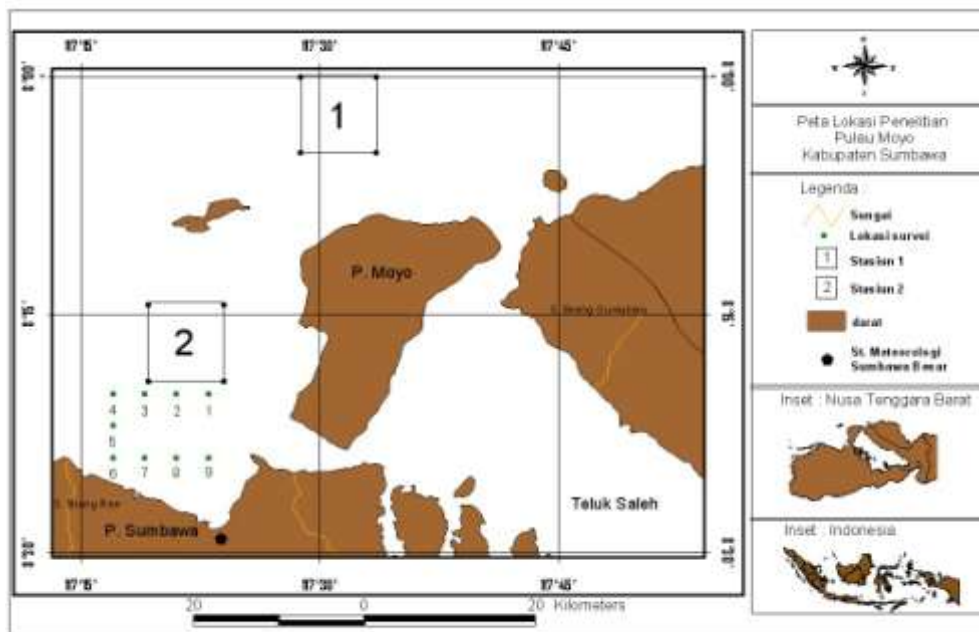
### 2.1. Lokasi Penelitian

Pulau Sumbawa merupakan pulau terbesar dalam gugusan pulau di

Nusa Tenggara Barat. Pulau ini dibatasi oleh selat Alas (pemisah dengan pulau Lombok) di bagian barat, selat Sapedi (pemisah dengan pulau Komodo) di bagian Timur, Samudera Hindia di bagian selatan, dan laut Flores di Bagian Utara. Lokasi penelitian adalah perairan utara Sumbawa, Nusa Tenggara Barat yang berdekatan dengan Pulau Moyo (Gambar 1). Lokasi ini dipilih mengingat adanya rencana Pemkab Sumbawa untuk mengembangkan tujuan wisata bahari di sekitar wilayah pesisir Pulau Moyo.

Untuk mempelajari variabilitas konsentrasi klorofil-a di perairan utara Sumbawa dipilih dua lokasi pengambilan data satelit seperti terlihat pada Gambar 1 dengan posisi:

$(8,00^{\circ} - 8,08^{\circ} \text{ LS}); (117,48^{\circ} - 117,56^{\circ} \text{ BT})$  untuk Stasiun 1 dan  $(8,24^{\circ} - 8,32^{\circ} \text{ LS}); (117,32^{\circ} - 117,40^{\circ} \text{ BT})$  untuk Stasiun 2.



Gambar 1. Lokasi penelitian. Kotak 1 dan 2 merupakan lokasi pengambilan data klorofil-a dari data satelit. Titik 1-9 merupakan lokasi survey lapangan.

## 2.2. Analisis Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data satelit SeaWiFS level 3 dengan resolusi spasial  $9 \times 9 \text{ km}^2$ , yang merupakan komposit rata-rata bulanan dari Januari 1998 – Desember 2007. Data diproses oleh NASA dan di *download* dari website milik NASA. Data satelit SeaWiFS level 3 sudah terkoreksi geometrik dan radiometrik dengan format HDF (*Hierarchical Data Format*) dan memiliki nilai konsentrasi klorofil-a dalam satuan  $\text{mg/m}^3$ . Proses pengolahan citra menggunakan program *SeaDAS 5.2* untuk mendapatkan nilai *Ascii file*, kemudian untuk membuat peta sebaran konsentrasi klorofil-a digunakan program *Surfer 8.0.*, karena resolusi spasial dari citra SeaWiFS level 3 sebesar  $9 \times 9 \text{ km}^2$ , sehingga jika dipetakan langsung dari hasil program *SeaDAS 5.2*, gambar akan terlihat pecah.

Konsentrasi klorofil-a dari data satelit diestimasi dengan menggunakan algoritma OC4v4. Algoritma OC4v4 menggunakan nilai tertinggi dari rasio kanal 443 nm, 490 nm dan 510 nm dengan kanal 555 nm untuk menentukan nilai konsentrasi klorofil-a dengan persamaan sebagai berikut (O'Reilly *et al.*, 2000):

$$Ca = 10^{0,366 - 3,067R + 1,930R^2 + 0,649R^3 - 1,532R^4}$$

dimana

$$R = \log_{10} \left[ \frac{Rrs443}{Rrs555} > \frac{Rrs490}{Rrs555} > \frac{Rrs510}{Rrs555} \right],$$

Ca = Konsentrasi klorofil-a ( $\text{mg/m}^3$ ),

R = Rasio reflektansi, dan

Rrs = *Remote sensing reflectance*.

Data pendukung yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan bulanan yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Sumbawa Besar milik Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG); angin bulanan pada ketinggian 10 m pada koordinat  $117,5^0 \text{ BT}$  dan  $7,5^0 \text{ LS}$  dari situs *European Center for Medium – Range Weather Forecasts* (ECMWF)

periode Januari 1998 – Desember 2001 (<http://www.ecmwf.int>); data kedalaman, kecerahan, suhu, salinitas dan klorofil-a hasil survei lapangan pada tanggal 14 Nopember 2007. Alat yang digunakan untuk mengukur kedalaman perairan adalah *echosonder* dan alat yang digunakan untuk mengukur kecerahan adalah *secchi disk*, sedangkan alat yang digunakan untuk mengukur suhu, salinitas dan klorofil-a adalah CTD (*Conductivity Temperature Depth*); data data sirkulasi arus permukaan secara umum di wilayah Indonesia bagian Timur yang diperoleh dari Dinas Hidro Oseanografi (DISHIDROS).

Analisis variabilitas konsentrasi klorofil-a secara temporal (waktu) dilakukan berdasarkan analisis statistik deskriptif.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Variabilitas Konsentrasi Klorofil-a

Konsentrasi klorofil-a secara temporal, baik pada Stasiun 1 maupun Stasiun 2 bervariasi antara  $0,12 - 0,74 \text{ mg/m}^3$  (Tabel 1 dan 2, Gambar 2). Nilai  $0 \text{ (nol)} \text{ mg/m}^3$  konsentrasi klorofil-a pada bulan Februari 2003 di Stasiun 1 dan pada bulan Februari 1999 di Stasiun 2 bukan merupakan nilai sebenarnya tetapi nilai yang tidak dapat terdeteksi oleh satelit akibat penutupan awan. Secara umum di Stasiun 1 dan 2, konsentrasi klorofil-a tertinggi terjadi pada Musim Barat (Desember – Februari) yaitu berkisar antara  $0,21 - 0,74 \text{ mg/m}^3$  (lingkaran biru pada Gambar 2), sedangkan konsentrasi klorofil-a terendah terjadi pada Musim Peralihan I (Maret – Mei; lingkaran merah pada Gambar 2) yaitu berkisar antara  $0,12 - 0,15 \text{ mg/m}^3$  (Tabel 1 dan 2, Gambar 2). Rata-rata konsentrasi klorofil-a setiap bulan selama 10 tahun berkisar antara  $0,17 - 0,29 \text{ mg/m}^3$  (Tabel 1 dan 2). Pada Stasiun 1 dan 2, terdapat juga konsentrasi

Variabilitas Konsentrasi Klorofil-A Di Perairan Utara Sumbawa Berdasarkan Data Satelit SeaWiFS

klorofil-a yang relatif tinggi terjadi pada bulan Juli – September yaitu berkisar antara 0,21 – 0,36 mg/m<sup>3</sup> (Lingkaran hijau pada Gambar 2). Nilai konsentrasi klorofil-

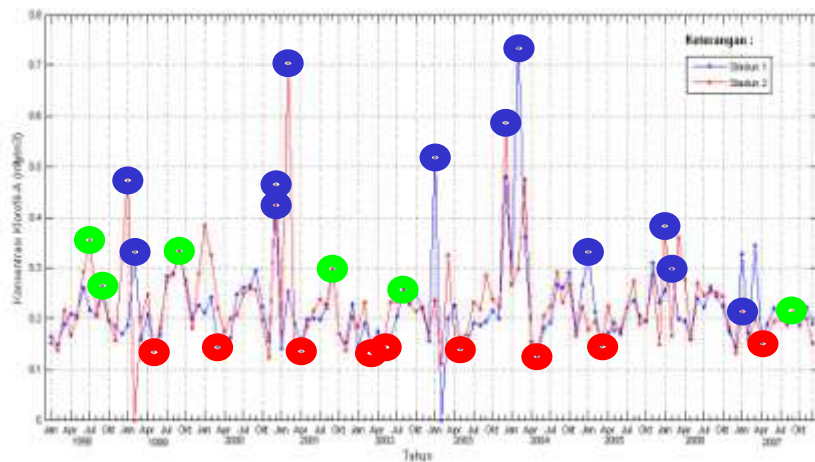
a pada bulan-bulan ini merupakan *second peak* konsentrasi klorofil-a pada periode satu tahun.

Tabel 1. Rata-rata konsentrasi klorofil-a hasil pendugaan dari citra satelit SeaWiFS untuk Stasiun1.

Bulan	Konsentrasi klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )										
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	rata-rata
Jan	0,16	0,19	0,21	0,14	0,14	0,52	0,27	0,33	0,26	0,33	0,26
Feb	0,15	0,33	0,24	0,25	0,19	0,00	0,74	0,21	0,30	0,17	0,29
Mar	0,19	0,16	0,14	0,19	0,15	0,20	0,36	0,15	0,20	0,34	0,21
Apr	0,21	0,21	0,15	0,15	0,18	0,23	0,15	0,17	0,20	0,15	0,18
Mei	0,21	0,14	0,16	0,20	0,14	0,14	0,13	0,19	0,16	0,19	0,17
Jun	0,25	0,17	0,25	0,20	0,16	0,15	0,18	0,17	0,24	0,22	0,20
Jul	0,22	0,28	0,26	0,20	0,20	0,19	0,19	0,22	0,22	0,20	0,22
Agu	0,21	0,29	0,26	0,23	0,26	0,19	0,27	0,24	0,26	0,19	0,24
Sep	0,26	0,33	0,30	0,30	0,23	0,19	0,26	0,21	0,24	0,20	0,25
Okt	0,20	0,27	0,22	0,17	0,25	0,21	0,29	0,20	0,22	0,19	0,22
Nop	0,19	0,20	0,16	0,15	0,22	0,20	0,18	0,31	0,17	0,22	0,20
Des	0,17	0,23	0,42	0,23	0,16	0,48	0,27	0,23	0,14	0,19	0,25

Tabel 2. Rata-rata konsentrasi klorofil-a hasil pendugaan dari citra satelit SeaWiFS untuk Stasiun 2.

Bulan	Konsentrasi klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )										
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	rata-rata
Jan	0,15	0,47	0,38	0,17	0,18	0,24	0,27	0,18	0,38	0,21	0,26
Feb	0,14	0,00	0,33	0,71	0,23	0,11	0,30	0,19	0,17	0,16	0,26
Mar	0,22	0,20	0,22	0,15	0,13	0,33	0,47	0,16	0,36	0,20	0,24
Apr	0,17	0,25	0,17	0,13	0,15	0,16	0,15	0,23	0,28	0,16	0,18
Mei	0,20	0,13	0,20	0,18	0,15	0,16	0,12	0,18	0,16	0,17	0,17
Jun	0,29	0,18	0,21	0,22	0,23	0,17	0,21	0,18	0,27	0,19	0,21
Jul	0,36	0,27	0,25	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,25	0,20	0,25
Agt	0,21	0,29	0,26	0,22	0,25	0,22	0,29	0,27	0,25	0,19	0,25
Sep	0,25	0,34	0,26	0,30	0,23	0,29	0,23	0,19	0,25	0,21	0,25
Okt	0,20	0,27	0,20	0,17	0,21	0,24	0,27	0,20	0,24	0,21	0,22
Nop	0,16	0,18	0,12	0,14	0,22	0,22	0,17	0,28	0,18	0,20	0,19
Des	0,32	0,29	0,46	0,20	0,17	0,59	0,22	0,15	0,13	0,15	0,27



Gambar 2. Fluktuasi konsentrasi klorofil-a rata-rata bulanan di perairan utara Sumbawa pada stasiun 1 dan 2 periode Januari 1998 – Desember 2007. Lingkaran warna biru dan merah menunjukkan nilai konsentrasi maksimum dan minimum, sedangkan lingkaran warna hijau menunjukkan konsentrasi yang relatif tinggi (*second peak*) setiap tahun.

### 3.2. Data Hasil Survei Lapangan

Data survei lapangan yang dilakukan tanggal 14 Nopember 2007 terhadap konsentrasi klorofil-a, suhu, salinitas, kecerahan dan kedalaman ditampilkan untuk mengetahui gambaran sekilas pada daerah ini. Data suhu, salinitas dan klorofil-a dari rata-rata kedalaman 0 – 10 m (Tabel 3) diambil untuk menjelaskan daerah permukaan perairan. Kedalaman di lokasi survei berkisar antara 406 – 457 meter dan kecerahan berkisar antara 29 – 36 meter. Rata-rata suhu, konsentrasi klorofil-a dan salinitas berturut-turut berkisar antara 29,8 – 30,1 °C, 0,04 – 0,05 mg/m<sup>3</sup> dan 34,4. Berdasarkan data tersebut, secara umum perairan ini tergolong pada perairan yang bersih dengan kandungan konsentrasi klorofil-a yang relatif rendah. Data konsentrasi klorofil-a hasil pengamatan lapangan ini diduga terlalu kecil dan mungkin karena kesalahan alat.

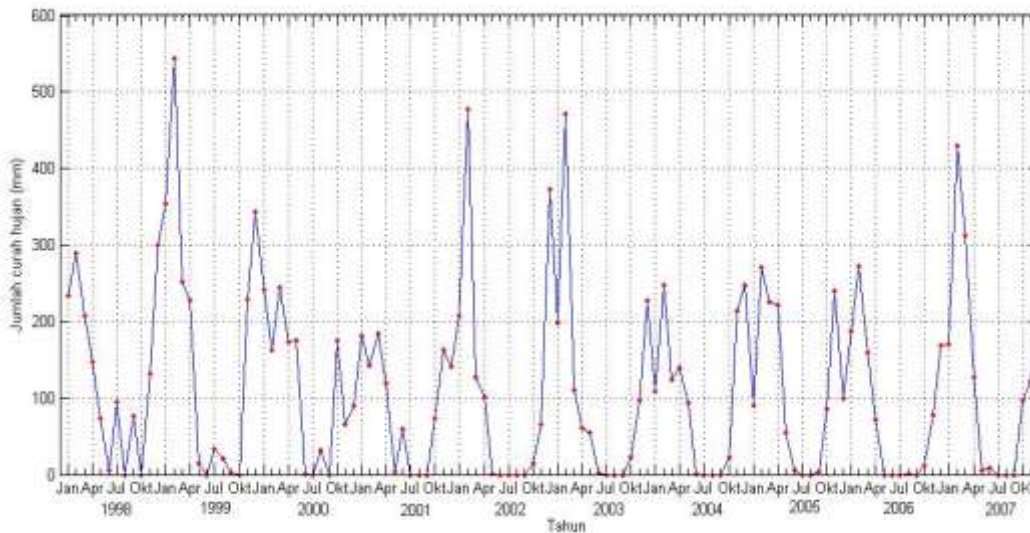
### 3.3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Variabilitas Konsentrasi Korofil-a

#### 3.3.1. Curah Hujan dan Angin

Berdasarkan analisis variabilitas konsentrasi klorofil-a di perairan utara Sumbawa, nilai maksimum konsentrasi klorofil-a terjadi pada Musim Barat dimana pada musim ini terdapat nilai curah hujan yang maksimum (Gambar 3). Nilai minimum konsentrasi klorofil-a terjadi pada Musim Peralihan I pada saat nilai curah hujan juga minimum (Gambar 3). Hal ini menunjukkan adanya korelasi langsung antara curah hujan dan konsentrasi klorofil-a di sekitar perairan utara Sumbawa. Curah hujan yang tinggi pada Musim Barat diduga menambah unsur hara ke perairan utara Sumbawa baik melalui deposisi atmosfer maupun melalui *run-off* dari daratan. Pada stasiun 1 konsentrasi klorofil-a tertinggi terjadi pada

Tabel 3. Data beberapa parameter oseanografi dari kedalaman 0–10 m.

Stasiun	Lintang (LS)	Bujur (BT)	Kedalaman (m)	Kecerahan (m)	Salinitas	Klorofil-a $\text{mg/m}^3$	Suhu $^{\circ}\text{C}$
1	8,33	117,38	452	33	34,4	0,05	29,8
2	8,33	117,35	454	36	34,4	0,04	29,8
3	8,33	117,32	457	35	34,4	0,05	29,9
4	8,33	117,28	448	36	34,4	0,04	29,8
5	8,37	117,28	428	35	34,4	0,04	29,9
6	8,40	117,28	408	35	34,4	0,04	29,9
7	8,40	117,32	426	33	34,4	0,05	29,8
8	8,40	117,35	409	29	34,4	0,05	30,0
9	8,40	117,38	406	29	34,4	0,05	30,1



Gambar 3. Fluktuasi curah hujan di wilayah Sumbawa Utara.

Februari 2004 yaitu  $0,74 \text{ mg/m}^3$  dengan jumlah curah hujan sebesar 248 mm dan Konsentrasi klorofil-a terendah terjadi pada bulan Mei 2004 yaitu  $0,13 \text{ mg/m}^3$  dengan jumlah curah hujan sebesar 93 mm. Pada stasiun 2 konsentrasi klorofil-a tertinggi terjadi pada bulan Februari 2001 yaitu  $0,71 \text{ mg/m}^3$  dengan jumlah curah hujan sebesar 143 mm dan Konsentrasi klorofil-a terendah terjadi pada bulan Mei 2004 yaitu  $0,12 \text{ mg/m}^3$  dengan jumlah curah hujan 93 mm. Namun demikian, pada saat curah hujan tertinggi (534 mm pada bulan February 1999) diperoleh nilai konsentrasi klorofil-a sebesar  $0,33 \text{ mg/m}^3$  pada stasiun 1 yang menunjukkan bahwa nilai

konsentrasi klorofil-a tidak ditemukan pada saat curah hujan tertinggi. Hasil ini mengindikasikan bahwa faktor curah hujan bukan satu-satunya faktor yang mempengaruhi variabilitas konsentrasi klorofil-a di daerah ini.

Secara umum, jumlah curah hujan bulanan pada Musim Barat (November–Februari) terlihat lebih tinggi dibandingkan pada musim lainnya, nilainya berkisar antara 90–534 mm. Pada Musim Timur (Mei–Agustus) jumlah curah hujan bulanan berkisar antara 0–95 mm, pada Musim Peralihan I (Maret – April) jumlah curah hujan bulanan berkisar antara 0–313 mm dan pada Musim Peralihan II

(September – Oktober) jumlah curah hujan bulanan berkisar antara 0–240 mm. Pola variabilitas curah hujan ini secara umum berkorelasi positif dengan variabilitas konsentrasi klorofil-a di perairan utara Sumbawa.

Fluktuasi jumlah curah hujan bulanan diakibatkan karena adanya perbedaan pola angin yang terjadi di Indonesia. Pada Musim Barat, angin membawa banyak uap air yang berasal dari Samudera Pasifik sehingga menyebabkan curah hujan menjadi tinggi sedangkan pada Musim Timur angin yang berasal dari daratan Australia membawa sedikit uap air sehingga menyebabkan curah hujan yang rendah di perairan utara Sumbawa (Wyrki, 1961; Webster *et al.*, 1998; Meyer, 1996; Susanto *et al.*, 2006; 2007).

Berdasarkan analisis data angin di lokasi penelitian, pada bulan November arah angin dominan berasal dari arah barat laut menuju tenggara dengan kecepatan 1,0-5,5 m/det. Pada bulan Desember arah angin dominan bergerak dari arah barat laut dan utara menuju tenggara dan selatan dengan kecepatan 1,2-5,5 m/det. Pada bulan Januari arah angin juga dominan bergerak dari barat laut menuju tenggara dengan kecepatan 1,4 – 5,5 m/det. Kemudian pada bulan Februari terlihat arah angin sama seperti yang terjadi pada bulan Januari namun mengalami peningkatan kecepatan sampai 7,0 m/det. Pada bulan Maret terjadi penurunan kecepatan dibandingkan pada bulan Februari menjadi hanya 1,0 – 5,5 m/det, tetapi arah angin bergerak hampir sama seperti yang terjadi pada bulan Januari dan Februari. Memasuki bulan April mulai terlihat arah angin tidak menentu walaupun arah angin dominan masih bergerak dari barat laut menuju tenggara dengan kecepatan 1,0 – 3,9 m/det (Gambar 4).

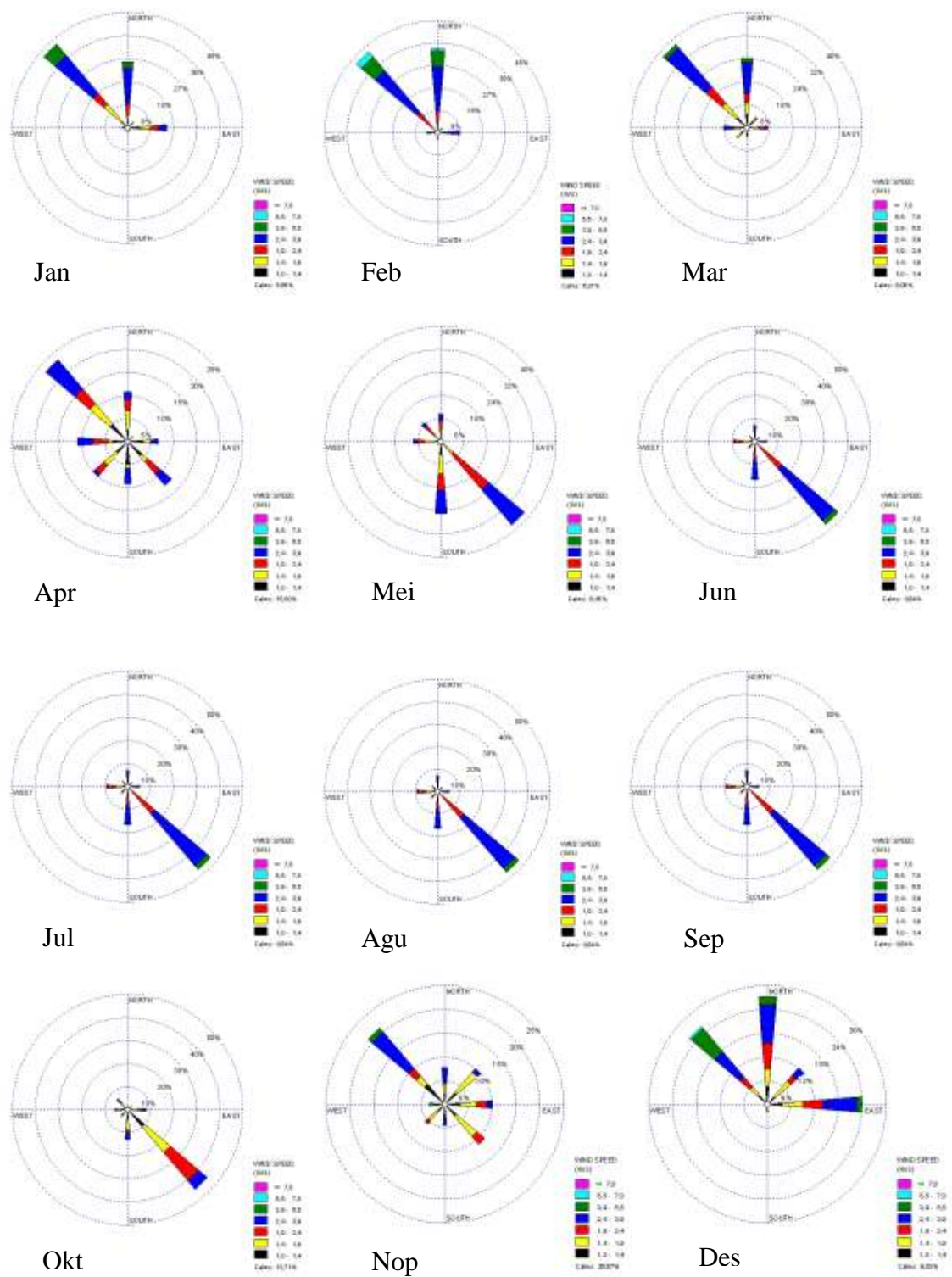
Memasuki Musim Timur yaitu bulan Mei arah angin dominan bergerak dari tenggara menuju barat laut dengan

kecepatan 1,0-3,9 m/det. Pada bulan Juni arah angin semakin dominan bergerak dari tenggara menuju barat laut dan mengalami peningkatan kecepatan sampai 5,5 m/det. Begitu juga dengan bulan Juli, Agustus dan September arah serta kecepatan angin yang terjadi tidak jauh berbeda dengan bulan Juni, arah angin dominan bergerak dari tenggara menuju barat laut dengan kecepatan 1,4 – 5,5 m/det. Pada bulan Oktober mulai terlihat penurunan kecepatan menjadi hanya 1,0 – 3,9 m/det dengan arah angin dominan bergerak dari tenggara menuju barat laut. Pada bulan November arah angin mulai tidak menentu tetapi dominan bergerak dari arah barat laut menuju tenggara dengan kecepatan 1,0 – 5,5 m/det (Gambar 4).

Secara umum pada Musim Barat angin bertiup lebih kencang dibandingkan dengan musim lainnya dengan kecepatan mencapai 7,0 m/det. Peningkatan kecepatan angin pada Musim Barat ini diduga dapat meningkatkan unsur hara di permukaan melalui proses pengadukan vertikal di wilayah pesisir perairan utara Sumbawa yang dapat meningkatkan konsentrasi klorofil-a. Nababan (2005) menjelaskan bahwa peningkatan kecepatan angin di daerah pesisir dapat meningkatkan pencampuran massa air secara vertikal yang menambah kesuburan perairan karena pencampuran massa air dari dasar laut yang kaya akan unsur hara dan pada akhirnya meningkatkan kandungan klorofil-a di permukaan. Pergerakan angin yang lebih kencang dan bergerak menuju tenggara pada Musim Barat (Gambar 4) menjadikan wilayah perairan pesisir ini cenderung mengalami proses *upwelling* karena *Ekman Transport* akan bergerak menuju timur laut (menjauhi garis pantai) yang mengakibatkan terjadinya kekosongan massa air di permukaan yang kemudian diisi oleh massa air dari dasar laut yang memiliki kandungan nutrisi yang relatif lebih tinggi.



Variabilitas Konsentrasi Klorofil-A Di Perairan Utara Sumbawa Berdasarkan Data Satelit SeaWiFS

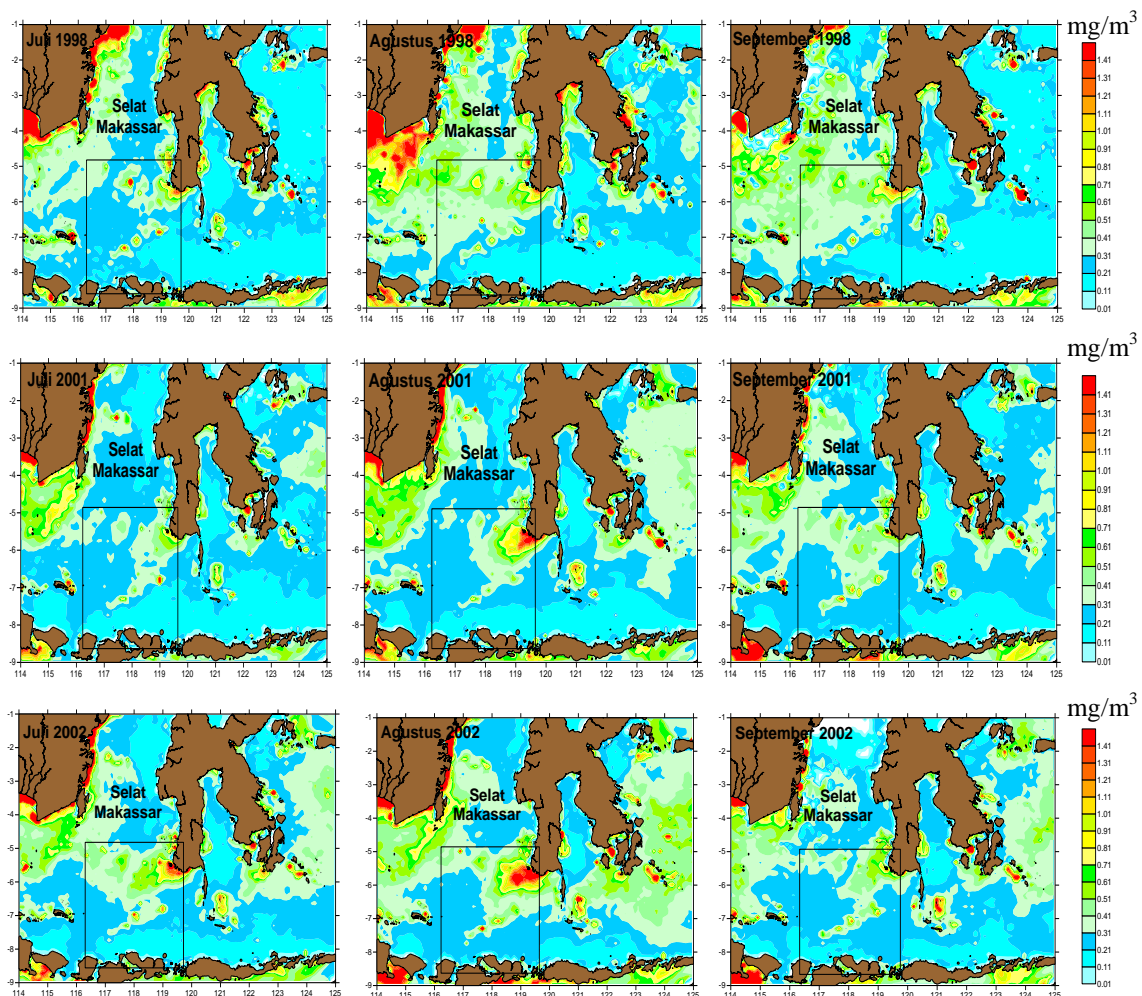


Gambar 4. Arah dan kecepatan angin periode Jan 1998–Des 2001 di daerah penelitian.

### 3.3.2. Upwelling di Selatan Selat Makassar

Pada pertengahan Musim Timur sampai awal Musim Peralihan II (Juli-September), konsentrasi klorofil-a di perairan utara Sumbawa relatif lebih tinggi dibandingkan dengan bulan-bulan sebelum dan sesudahnya. Curah hujan pada periode ini tercatat relatif rendah. Berdasarkan analisis data satelit Aqua dan Terra MODIS, Nurheryanto (2009) melaporkan bahwa suhu permukaan laut yang relatif rendah di perairan utara Sumbawa terjadi pada Musim Timur (Juni-September) dengan nilai minimum pada bulan Agustus. Namun demikian, berdasarkan data analisis angin pada periode ini, tidak

ditemukan adanya indikasi kejadian upwelling di lokasi ini. Dengan demikian, kandungan klorofil-a yang relatif tinggi ini diduga terjadi karena adanya pengaruh pergerakan massa air dari selatan Selat Makassar yang mempunyai suhu permukaan yang relatif lebih rendah dan kandungan klorofil-a yang relatif tinggi karena di daerah ini terjadi proses *upwelling* pada periode ini (Nontji, 2002). Hal ini terbukti dari sebaran konsentrasi klorofil-a hasil analisis data SeaWiFS pada bulan Juli, Agustus, dan September seperti terlihat pada Gambar 5. Hasil ini memperkuat dugaan Susanto *et al.* (2006) bahwa variasi konsentrasi klorofil-a di perairan utara Sumbawa dipengaruhi oleh variasi *Indonesian Through Flow* (ITF).



Gambar 5. Sebaran konsentrasi klorofil-a perairan utara Sumbawa dan Selat Makassar pada bulan Juli-September tahun 1998 (atas), 2001 (tengah), dan 2002 (bawah).

#### IV. KESIMPULAN

Fluktuasi konsentrasi klorofil-a di perairan utara Sumbawa memiliki tiga pola yaitu maksimum dengan kisaran 0,21-0,74 mg/m<sup>3</sup> terjadi pada Musim Barat (November-Februari), Minimum dengan kisaran 0,12 – 0,15 mg/m<sup>3</sup> terjadi pada Musim Peralihan I (Maret-April), dan relatif tinggi (*second peak*) dengan kisaran 0,21 – 0,36 mg/m<sup>3</sup> terjadi pada pertengahan Musim Timur sampai awal Musim Peralihan II (Juli-September). Penyebab tingginya konsentrasi klorofil-a pada Musim Barat diduga berkaitan erat dengan jumlah curah hujan yang tinggi serta kemungkinan terjadinya pencampuran massa air vertikal dan *upwelling* di wilayah pesisir perairan utara Sumbawa.

Konsentrasi klorofil-a yang relatif tinggi (*second peak*) di perairan utara Sumbawa pada pertengahan Musim Timur sampai awal Musim Peralihan II (Juli-September) disebabkan adanya pergerakan massa air yang relatif lebih dingin dan relatif lebih tinggi konsentrasi klorofil-a dari Selatan Selat Makassar yang mengalami proses *upwelling* pada periode ini.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kyowa Concrete Industry, Bali yang memberikan fasilitas kapal dan peralatan penelitian di lapangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Asanuma, I., K. Matsumoto, H. Okano, T. Kawano, N. Hendiarti, and S. I. Sachoemar. 2003. Spatial distribution of phytoplankton along the Sunda Islands: The monsoon anomaly in 1998. *J. Geophys. Res.*, 108(C6), 3202, doi:10.1029/1999JC000139.
- Hastenrath, S. 1985. Climate and Circulation of the Tropics. *Atmospheric Sciences Library*. D. Reidel Publishing Company. University of Wisconsin. Madison.
- Hendiarti, N., H. Siegel, and T. Ohde. 2004. Investigation of different coastal processes in Indonesian waters using SeaWiFS data, *Deep Sea Res., Part II*, 51, 85–97, doi:10.1016/J.dsr2.2003.10.003.
- Manoppo, A. K. S. 2003. Kajian Konsentrasi Klorofil-a Di Perairan Laut Jawa, Laut Flores, Selat Makassar dan Samudera Hindia dari Citra Satelit Fengyun dan SeaWiFS: Suatu Perbandingan.(Skripsi). Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Meyers, G. (1996), Variation of Indonesian throughflow and the El Niño Southern Oscillation. *J. Geophys. Res.*, 101(C5):12,255–12,263.
- Nababan, B. 2008. Comparison of chlorophyll concentration estimation using two different algorithms and the effect of colored dissolved organic matter. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 5:92-101.
- Nababan, B. 2005. Bio-Optical Variability of Surface Waters in the Northeastern Gulf of Mexico (Dissertation). Departement of Marine Science. College of Marine Science. University of South Florida. USA.
- Nontji, A. 2002. *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- O'Reilly, J. E., S. Maritorena, B. G. Mitchell, D. A. Siegel, K. L. Carder, S. A. Garrar, M. Kahru, C. McClain. 2000. Ocean Color Chlorophyll Algorithms for SeaWiFS. *Journal of Geophysical Research Oceans*.

- Pemerintah Kabupaten Sumbawa. 2003. *Rencana Strategis Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut Kabupaten Sumbawa 2004 -2013*. Kabupaten Sumbawa. Propinsi Nusa Tenggara Barat.
- Susanto, R.D., A. L. Gordon, and J. Sprintall. 2007. Observations and proxies of the surface layer throughflow in Lombok Strait. *J. of Geophys. Res.*, 112, C03S92, doi: 10.1029/2006JC003790, 2007
- Susanto, R. D., T. S. Moore II, dan J. Marra. 2006. Ocean Color Variability in the Indonesian Seas during the SeaWiFS era. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 7(5):, Q05021, doi:10.1029/20055GC001009.
- Tim Peneliti Ekspedisi Pulau Moyo. 1993. *Laporan Ekspedisi Pulau Moyo 17 September – 7 Oktober 1993*. Jakarta.
- Webster, P. J., A. M. Moore, J. P. Loschnigg, and R. R. Leben. 1999. Coupled ocean-atmosphere dynamics in the Indian Ocean during 1997–98, *Nature*, 401:356–360, doi: 10.1038/43848.
- Wyrski, K. 1961. *Physical Oseanography of The South East Asian Water. Naga Report Vol 2*. La Jolla, California.