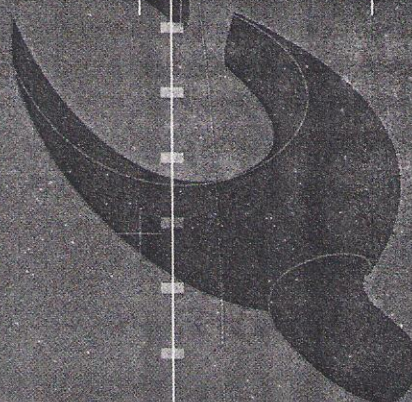
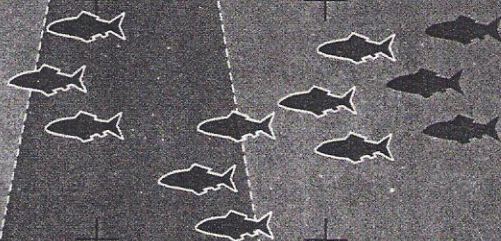
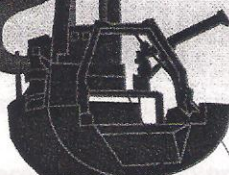


ISSN 1907 - 767X  
Akreditasi B  
(301/AU2/P2MBI/08/2010)

# JURNAL KELAUTAN Nasional

Unpi



**Kementerian Kelautan dan Perikanan**  
**Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan**  
**Pusat Pengkajian dan Perekayasa Teknologi Kelautan dan Perikanan**

J. Kelautan. Nas	Vol. 6	No. 3	Hal. 125-194	Desember 2011	ISSN 1907-767X
------------------	--------	-------	--------------	---------------	----------------



ISSN 1907-767X

## JURNAL KELAUTAN NASIONAL

Jurnal ini merupakan perubahan nama dari Jurnal Riset IPTEK Kelautan, terbit tiga kali dalam setahun pada bulan April, Agustus dan Desember. Jurnal ini berakreditasi B (301/AU2/P2MBI/08/2010) yang ditetapkan melalui SK Kepala LIPI No. 754/D.2/2010 tertanggal 26 Agustus 2010.

Jurnal Kelautan Nasional merupakan publikasi ilmiah di bidang ilmu dan teknologi kelautan. Artikel ilmiah yang disajikan merupakan hasil penelitian orisinal, gagasan konseptual ataupun ulasan ilmiah terkini di bidang ilmu dan teknologi kelautan yang belum pernah dipublikasikan.

Diterbitkan oleh : Pusat Pengkajian dan Perekayasaan Teknologi Kelautan dan Perikanan – Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan – Kementerian Kelautan dan Perikanan

### Penyunting Ahli :

Prof. Dr. Safwan Hadi, Ph.D (Bidang Oseanografi)  
Prof. I Ketut Aria Pria Utama, Ph.D, (Bidang Perkapalan dan Pelabuhan)  
DR. I Gede Wenten (Bidang Kimia Proses)  
DR. Aryo Hanggono (Bidang Remote Sensing)  
Ir. Harman Ajiwibowo, Ph.D (Teknik Pantai)  
Henry M. Manik, Ph.D (Bidang Akustik Perikanan dan Kelautan)

### Mitra Bestari untuk Nomor ini :

Prof. DR. Anondho Wijanarko (ITB – Teknik Kimia)  
Irsan Soemantri Brojonegoro, Ph.D (ITB – Teknik Kelautan-Akustik)  
Prof. Ir., Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D. (ITS – Perkapalan dan Pelabuhan)  
Dr. Vincentius P.Siregar (IPB - Remote Sensing dan GIS)

### Penyunting Pelaksana :

Nicolaus Baliga Sapta N, SH  
Budhi Gunadharma G, S.T  
Berta Berlian Borneo, S.Si

### Alamat Redaksi :

Pusat Pengkajian dan Perekayasaan Teknologi Kelautan dan Perikanan  
Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan  
Jl. Pasir Putih No. 1, Ancol, Jakarta Utara  
Telp. (021) 64711672 Ext. 4404  
Fax. (021) 64711501

E-mail : [jurnalkelautannasional@yahoo.co.id](mailto:jurnalkelautannasional@yahoo.co.id)  
Isi dapat dikutip dengan menyebutkan sumbernya

Cover & Layout : Nicolaus Baliga Sapta N, SH, Berta Berlian Borneo, S.S

ISSN 1907-767X

**DAFTAR ISI**

Produksi, Instalasi, dan Aplikasi Biosurfaktan Lepas Muka  
Penggunaan Tercampur Hidrokarbon

Introduction, Role of the Application of the Fish Oil  
Extraction and the Fish Oil in the Fish Oil

Harif Yuliani, Harto Harto, Harto Harto, Harto Harto, Harto Harto

Analisa dan Interpretasi Terhadap Hasil Pengamatan  
Pengamatan Terhadap Hasil Pengamatan

Analisa dan Interpretasi Terhadap Hasil Pengamatan  
Pengamatan Terhadap Hasil Pengamatan

Analisa dan Interpretasi Terhadap Hasil Pengamatan  
Pengamatan Terhadap Hasil Pengamatan

Analisa dan Interpretasi Terhadap Hasil Pengamatan  
Pengamatan Terhadap Hasil Pengamatan

**JURNAL KELAUTAN NASIONAL**

**Vol. 6, No. 3 Desember 2011**

Analisa dan Interpretasi Terhadap Hasil Pengamatan  
Pengamatan Terhadap Hasil Pengamatan

Analisa dan Interpretasi Terhadap Hasil Pengamatan  
Pengamatan Terhadap Hasil Pengamatan

Analisa dan Interpretasi Terhadap Hasil Pengamatan  
Pengamatan Terhadap Hasil Pengamatan

Analisa dan Interpretasi Terhadap Hasil Pengamatan  
Pengamatan Terhadap Hasil Pengamatan

Analisa dan Interpretasi Terhadap Hasil Pengamatan  
Pengamatan Terhadap Hasil Pengamatan

Analisa dan Interpretasi Terhadap Hasil Pengamatan  
Pengamatan Terhadap Hasil Pengamatan

Analisa dan Interpretasi Terhadap Hasil Pengamatan  
Pengamatan Terhadap Hasil Pengamatan



Kementerian Kelautan dan Perikanan  
Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan  
Pusat Pengkajian dan Perekayasa Teknologi Kelautan dan Perikanan

J. Kelautan. Nas	Vol.6	No. 3	Hal. 125-194	Desember 2011	ISSN 1907-767X
------------------	-------	-------	--------------	---------------	----------------

ISSN 1907-767X



**JURNAL KELAUTAN NASIONAL**  
**Vol. 6, No. 3 Desember 2011**

**DAFTAR ISI**

<b>Produksi, Isolasi, dan Aplikasi Biosurfaktan Untuk Bioremediasi Lingkungan Tercemar Hidrokarbon</b> <i>(Production, Isolation, And Application Of Biosurfactant For Bioremediation Hydrocarbon Contaminated Environment)</i>	125
<b>Hanif Yuliani, Hery Hermansyah.....</b>	
<b>Pengaruh Jenis Gelombang Terhadap Kinerja Transmisi Submerged Breakwater Tipe Silinder Berongga (Bottle Reef <sup>TM</sup>)</b> <i>(Prediction of Indramayu Power Plant Heat Waste Distribution Using Ecomsed Hydrodynamic Models)</i>	139
<b>Rudhy Akhwady, Mukhtasor, Haryo D Armono, Mahmud Musta'in.....</b>	
<b>Menduga Penaikan Massa Air Dengan Menganalisis Pola Pergerakan Angin di Perairan Selat Makasar</b> <i>(Upwelling Prediction By Analyzing Wind Patterns at Makassar Strait)</i>	149
<b>Sri Suryo Sukoraharjo, Djisman Manurung, Indra Jaya, Bonar P.Pasaribu, dan Jonson L.Gaol.....</b>	
<b>Pemanfaatan Citra Satelit Untuk Pemantauan Budidaya</b> <i>(Satellite Image For Aquaculture Monitoring)</i>	161
<b>Denny Wijaya Kusuma.....</b>	
<b>Desain Sistem Manajemen Database Perawatan Kapal Inspeksi Perikanan</b> <i>(Design Of Database Management System For Maintenance Of Fishery Inspection Vessels)</i>	169
<b>Permana Ari Soejarwo, Adi Darmawan.....</b>	
<b>Pemodelan Kerentanan Pesisir Kota Semarang Akibat Kenaikan Muka Air Laut</b> <i>(Modelling Of Semarang Coastal Vulnerability Due To Sea Level Rise)</i>	179
<b>IR Suhelmi, A Fahrudin, F Yulianda, INS Naitj.....</b>	
<b>Deteksi Alat Pancing Gurita Dari Histologi Mata</b> <i>(Octopus Selective Fishing Gear Detection From Eyes Histology)</i>	187
<b>Agus Cahyadi.....</b>	



**MENDUGA PENAIKAN MASSA AIR DENGAN MENGANALISIS POLA PERGERAKAN ANGIN DI PERAIRAN SELAT MAKASAR****UPWELLING PREDICTION BY ANALYZING WIND PATTERNS AT MAKASSAR STRAIT**

Sri Suryo Sukoraharjo<sup>1)</sup>, Djisman Manurung<sup>2)</sup>, Indra Jaya<sup>2)</sup>, Bonar P. Pasaribu<sup>2)</sup>, dan Jonson L. Gaol<sup>2)</sup>

1) Pusat Pengkajian dan Perekayasa Teknologi Kelautan dan Perikanan-Balitbang-KKP

2) Dept. Ilmu dan Teknologi Kelautan-FPIK-IPB

Diterima tanggal : 17 September 2012, Diterima setelah perbaikan: 21 Nopember 2012, Disetujui terbit tanggal: 26 Desember 2012

**ABSTRAK**

Posisi geografis perairan Selat Makasar yang terletak di antara Laut Sulawesi dan Laut Jawa merupakan lintasan utama Arus Lintas Indonesia (Arlindo). Hal ini menyebabkan kondisi oseanografi Selat Makasar mempunyai variabilitas tinggi, selain dipengaruhi oleh massa air dalam selat, juga dipengaruhi oleh variabilitas oseanografi di luar selat dan keadaan iklim seperti curah hujan, penguapan, pola pergerakan angin dan kelembaban udara. Pola pergerakan angin mempengaruhi suhu perairan dan pergerakan massa air di perairan. Penelitian ini bertujuan menduga penarikan massa air di perairan Selat Makasar berdasarkan analisis pola pergerakan angin. Pendekatan yang digunakan dengan menggunakan Ekman massa transport. Penarikan massa air di perairan Selat Makasar dengan kecepatan vertikal relatif kecil 0,557 m/dtk – 2,136 m/dtk.

**Kata Kunci :** Penarikan Massa Air, Pola Pergerakan Angin, Selat Makasar

**ABSTRACT**

*Geographical position of the Makassar Strait in between Sulawesi Sea and Java Sea is the main path of Indonesia Through Flow (ITF) causing high variability of oceanographic conditions within Makassar Strait. This condition is also influenced by the mass of water in the straits and by oceanographic variability outside the strait and climatic parameters such as rainfall, evaporation, wind movement patterns and humidity. The pattern of wind movement in addition to water temperature affects the movement of the mass of water. This study aims to predict the upwelling in the waters of Makassar Strait based on the analysis of the wind movement patterns. The Ekman mass transport as the moon parameter is calculated in the Makassar Strait which has vertical velocity 0.557 m / s - 2.136 m / s.*

**Keywords:** Makassar Strait, Upwelling, Wind Patterns

**PENDAHULUAN**

Posisi geografis Perairan Selat Makasar yang terletak di antara Laut Sulawesi dan Laut Jawa merupakan lintasan utama bagi Arus Lintas Indonesia (Arlindo) yang menyebabkan

kondisi oseanografi Selat Makasar mempunyai variabilitas tinggi. Selain ditentukan oleh massa air dalam selat, juga dipengaruhi oleh variabilitas oseanografi di luar selat dan keadaan iklim (Ilahude, (1970), Susanto and



Gordon (2005), Ffield, *et al* (2000). Kondisi oseanografi di selat ini juga merupakan bagian dari Perairan Indonesia yang mentransfer massa air hangat dan bersalinitas rendah dari Samudera Pasifik menuju Samudera India. Bahang dan massa air yang bersalinitas rendah yang dibawa oleh Arus Lintas Indonesia (Arlindo) berdampak terhadap keseimbangan kedua parameter di kedua samudera. Oleh karena itu, perairan Indonesia memegang peranan penting secara integral dalam sirkulasi termohalin dan fenomena iklim global (Sprintall *et al.* 2000 dan Gordon, 2001).

Suhu permukaan perairan dipengaruhi oleh keadaan cuaca, antara lain curah hujan, penguapan, kelembaban udara, kecepatan angin dan penyinaran matahari. Proses penyinaran dan pemanasan matahari pada musim barat di perairan Indonesia lebih banyak berada di belahan bumi selatan, sehingga suhu berkisar antara 29°C - 30°C dan di bagian utara khatulistiwa suhu berkisar antara 27°C - 28°C. Pada musim timur, suhu perairan Indonesia bagian utara lebih tinggi berkisar 28°C - 30°C dan suhu permukaan di perairan sebelah selatan lebih rendah menjadi 27°C - 28°C (Wyrki, 1961). Suhu dapat mempengaruhi fotosintesis di laut baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengaruh secara langsung berupa peran suhu mengontrol reaksi kimia enzimatik dalam proses fotosintesis. Tinggi suhu dapat menaikkan laju maksimum fotosintesis, sedangkan pengaruh secara tidak langsung yakni dalam merubah struktur hidrologi kolom perairan yang dapat mempengaruhi distribusi fitoplankton (Tomascik *et al.* 1997).

Organisme di laut seperti ikan sangat peka terhadap perubahan beberapa parameter oseanografi. Ikan akan berusaha mencari daerah dengan kondisi suhu, dan salinitas yang sesuai

untuk perkembangannya, disamping faktor ketersediaan makanan berupa plankton (Laevastu and Hela, 1981; Reddy, 1993). Pengaruh suhu terhadap ikan dalam proses metabolisme, diantaranya untuk pertumbuhan dan mencari makanan, aktivitas tubuh seperti kecepatan renang, serta rangsangan syaraf. Parameter oseanografi, seperti suhu dan salinitas merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan proses kehidupan dan penyebaran organisme di laut. Keberadaan kelompok ikan jenis tertentu dapat dideteksi dengan mengetahui suhu optimum ikan dan salinitasnya. Pengaruh suhu air pada tingkah laku ikan paling jelas terlihat selama pemijahan. Suhu air laut dapat mempercepat atau memperlambat pemijahan pada beberapa jenis ikan. Suhu ekstrim pada daerah pemijahan (*spawning ground*) selama musim pemijahan, dapat memaksa ikan untuk memijah di daerah lain. Perubahan suhu jangka panjang dapat mempengaruhi perpindahan *spawning ground* dan *fishing ground* secara periodik (Reddy, 1993). Untuk mengetahui keberadaan ikan dengan kondisi oseanografi perlu data yang berkesinambungan. Namun disadari bahwa penyediaan data oseanografi melalui pengukuran langsung memerlukan biaya operasional yang relatif besar. Alternatif lain yang dapat dilakukan dengan memanfaatkan penginderaan jarak jauh (inderaja) untuk penyediaan data tersebut. Informasi data yang diperoleh dari Inderaja diantaranya dapat memperkirakan sebaran klorofil, suhu permukaan laut, salinitas permukaan laut dan pola arus laut. Asimilasi dari informasi tersebut dapat menginterpretasikan fenomena laut yang dihubungkan dengan potensi keberadaan ikan seperti proses penaikan massa air (*upwelling*), pergerakan



massa air dan pembentukan daerah front.

Penelitian ini bertujuan menduga kenaikan massa air di perairan Selat Makasar dari analisis pola pergerakan angin. Pendekatan yang digunakan dengan menggunakan Ekman massa transport.

## BAHAN DAN METODE

### a. Data Suhu Permukaan Laut

Data SPL dalam penelitian ini merupakan data citra penginderaan jauh Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) AQUA. Data SPL yang digunakan data rata-rata 8 harian level 3 dari tahun 2003-2008, yang diunduh dari website <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/PROD/UCT> dengan resolusi spasial  $0,2^0 \times 0,2^0$  dalam format NetCDF.

Analisis data SPL dilakukan dengan merata-ratakan untuk setiap bulan, kemudian ditampilkan dalam bentuk gambar dan grafik yang selanjutnya dianalisis pola SPL secara spasial dan temporal untuk mengidentifikasi pola-pola perairan yang dapat menunjukkan fenomena laut, seperti kenaikan massa air yang dicirikan dengan adanya SPL yang lebih rendah dari daerah sekitarnya.

### b. Data Angin

Data angin dalam penelitian ini diperoleh dari ECMWF (European Centre for Medium Range Forecast) yang diunduh di <http://www.ecmwf.int> dengan resolusi spasial  $1,5^0 \times 1,5^0$  dalam format NetCDF. Data angin yang digunakan berupa data bulanan rata-rata tahun 1999 – 2009 yang terdiri dari komponen timur – barat (zonal) dan komponen utara – selatan (meridional) pada ketinggian 10 meter di atas permukaan laut.

Analisis data angin dilakukan dengan melihat arah dan kecepatannya. Data komponen angin zonal dan

meridional diratakan setiap bulannya kemudian ditampilkan dalam bentuk gambar dengan bantuan perangkat lunak *Surfer* versi 8. Selanjutnya, dihitung sebaran gesekan angin (*wind stress*) di perairan Selat Makasar untuk tiap komponen angin, yaitu komponen zonal (sumbu x) untuk arah sejajar pantai dan komponen meridional (sumbu y) untuk arah tegak lurus pantai. Perhitungan gesekan angin menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh Ekman dalam Stewart, Robert H (2008);

$$T = \rho_{\text{udara}} C_D U_{10} \dots \dots \dots (1)$$

$$T_x = \rho_{\text{udara}} C_D U_x \dots \dots \dots (2)$$

$$T_y = \rho_{\text{udara}} C_D U_y \dots \dots \dots (3)$$

#### Keterangan;

- T : gesekan angin ( $\text{kg/m dtk}^2$ )
- $T_x$  : komponen gesekan angin sejajar garis pantai ( $\text{kg/m dtk}^2$ )
- $T_y$  : komponen gesekan angin tegak lurus pantai ( $\text{kg/m dtk}^2$ )
- $\rho_{\text{udara}}$  : densitas udara ( $1,25 \text{ kg/m}^3$ )
- $C_D$  : koefisien *drag* (0,00114)
- $U_{10}$  : kecepatan angin 10 meter di atas permukaan laut.
- $U_x$  : komponen kecepatan angin sejajar garis pantai ( $\text{m/dtk}$ )
- $U_y$  : komponen kecepatan angin tegak lurus pantai ( $\text{m/dtk}$ )

Ekman massa transport yang disebabkan pengaruh angin permukaan perairan untuk selanjutnya dianalisis. Hal ini dilakukan untuk memberikan gambaran adanya kenaikan massa air atau penurunan massa air. Ekman massa transport didefinisikan sebagai integral kecepatan Ekman  $U_E$ ,  $V_E$  dari permukaan hingga kedalaman  $d$  di lapisan Ekman. Perhitungannya menggunakan persamaan:



$$f M_{Ey} = -T_x \dots\dots\dots(4)$$

$$f M_{Ex} = T_y \dots\dots\dots(5)$$

**Keterangan;**

$M_{Ey}$  : komponen Ekman transpor tegak lurus pantai (kg/m dtk)

$M_{Ex}$  : komponen Ekman transpor sejajar garis pantai (kg/m dtk)

$f$  : gaya coriolis (rad/dtk)

$$f = 2\Omega \sin\theta \dots\dots\dots(6)$$

$\Omega$  : kecepatan rotasi bumi pada porosnya (0.00007292 rad/dtk)

$\theta$  : lintang/posisi

Analisis volume Ekman transport adalah massa Ekman transport dibagi densitas air dan dikalikan dengan lebar tegak lurus transport. Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$Q_x = (Y M_{Ex}) / \rho_{air} \dots\dots\dots(7)$$

$$Q_y = (X M_{Ey}) / \rho_{air} \dots\dots\dots(8)$$

**Keterangan;**

$Q_x$  : volume Ekman transport ke sejajar garis pantai (m<sup>3</sup>/dtk)

$Q_y$  : volume Ekman transport ke tegak lurus pantai (m<sup>3</sup>/dtk)

$\rho_{air}$  : densitas air (1000 kg/m<sup>3</sup>)

$Y$  : jarak utara – selatan yang dilewati (m)

$X$  : jarak timur – barat yang dilewati (m)

Satuan volume Ekman transpor di laut dikonversi menjadi *Sverdrup* disingkat menjadi  $S_v$  ( $1 S_v = 1\,000\,000 \text{ m}^3/\text{dtk}$ ).

Analisis kecepatan vertikal massa Ekman atau Ekman *pumping* dilakukan dengan pemahaman variabilitas horisontal angin yang bertiup di permukaan laut menyebabkan variabilitas horisontal dari Ekman transpor. Karena massa harus senantiasa ada, maka variabilitas spasial dari transpor harus mengarah ke kecepatan vertikal di bagian atas

lapisan Ekman. Perhitungan kecepatan vertikal massa Ekman dengan menggunakan persamaan;

$$(\partial M_{Ex} / \partial x) + (\partial M_{Ey} / \partial y) = -\rho_{air} w_E \dots\dots\dots(9)$$

**Keterangan;**

$w_E$  : kecepatan vertikal massa Ekman (m/dtk)

Selanjutnya analisis kedalaman lapisan Ekman, yang didefinisikan sebagai ketebalan lapisan Ekman yang disebabkan arus Ekman menurun secara eksponensial terhadap kedalaman. Perhitungan kedalaman lapisan Ekman sebagai berikut;

$$D_E = (7.6 \times U_{10}) / \sqrt{\sin |\theta|} \dots\dots\dots(10)$$

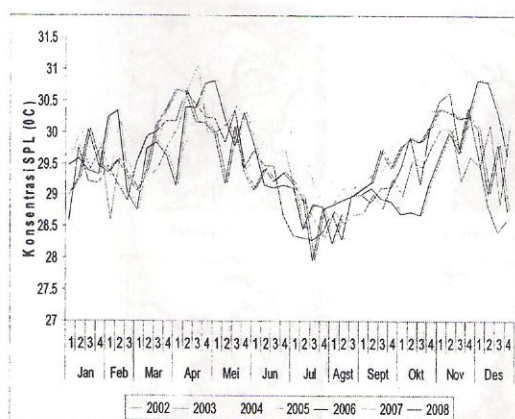
**Keterangan;**

$D_E$  : kedalaman lapisan Ekman (m)

**HASIL DAN PEMBAHASAN****a. Suhu Permukaan Laut (SPL)**

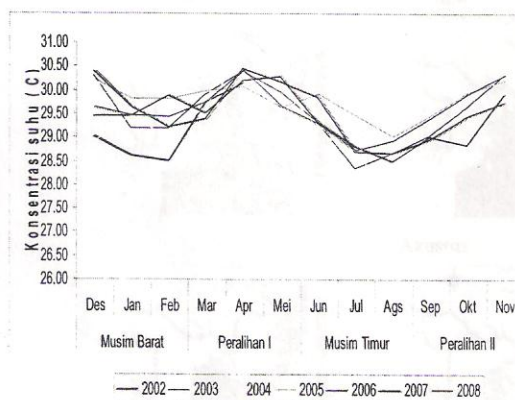
Gambar 1. memperlihatkan secara umum SPL rerata 8 harian dari tahun 2002 - 2008 dengan kisaran suhu 27,83°C - 30,70°C. SPL pada musim timur yang berlangsung dari bulan Juni - Agustus berkisar 27,83°C - 29,91°C dengan kecenderungan nilai SPL yang menurun. Pada musim peralihan II (peralihan dari musim timur ke musim barat) bulan September- November kisaran SPL 28,49°C- 30,30°C dengan kecenderungan nilai SPL yang meningkat. Pada musim barat (Desember - Februari) kisaran SPL 28,88°C - 30,40°C dengan kecenderungan nilai SPL yang menurun.





Gambar 1. Suhu Permukaan Laut Rerata di Perairan Selat Makasar dari tahun 2002 – 2008

(Average Sea Surface Temperature in the waters of Makassar Strait from the year 2002 – 2008)



Gambar 2. Suhu Permukaan Laut Rerata berdasarkan Musim di Perairan Selat Makasar dari tahun 2002 – 2008

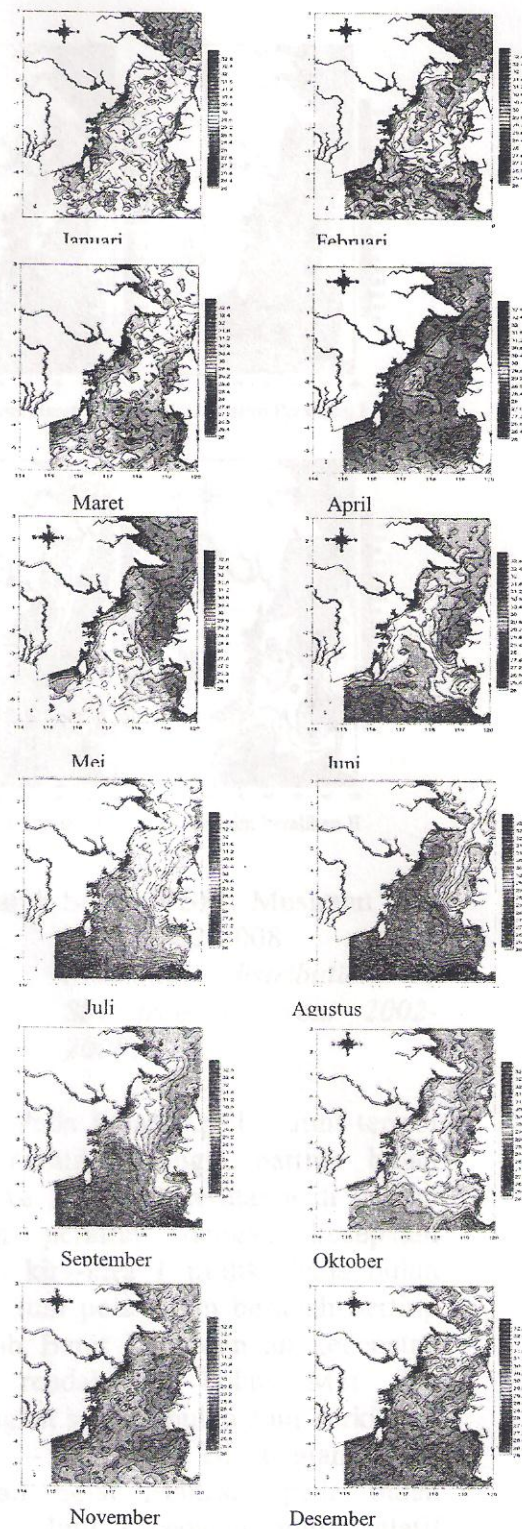
(Average Sea Surface Temperatures based on the season in the waters of Makassar Strait from the year 2002 – 2008)

Sebaran SPL pada musim peralihan I (peralihan dari musim barat ke musim timur) bulan Maret - Mei berkisar  $29,37^{\circ}\text{C}$  -  $30,70^{\circ}\text{C}$  dengan kecenderungan nilai SPL yang meningkat. Gambar 2 memperlihatkan pola sebaran SPL berdasarkan musim.

Sebaran SPL pada musim timur lebih rendah suhunya dibandingkan dengan musim lainnya, sedangkan suhu lebih tinggi terjadi pada musim peralihan I.

Sebaran SPL secara spasial pada Gambar 3 memperlihatkan adanya perubahan antar bulan dengan kisaran  $26,00^{\circ}\text{C}$  –  $33,00^{\circ}\text{C}$ . Sebaran SPL, pada bulan Januari terlihat lebih tinggi di bagian tengah dan selatan perairan dibandingkan bagian utara perairan Selat Makasar, kecenderungan ini mencapai puncaknya pada bulan April dengan kisaran sebaran SPL  $29,60^{\circ}\text{C}$  –  $30,80^{\circ}\text{C}$ . Pada bulan Mei mulai terlihat di bagian selatan sebelah timur perairan Selat Makasar adanya sebaran SPL yang relatif lebih rendah berkisar  $28,40^{\circ}\text{C}$  –  $28,80^{\circ}\text{C}$ , dan cenderung bertambah rendah pada bulan Agustus dengan kisaran sebaran SPL  $26,00^{\circ}\text{C}$  –  $26,60^{\circ}\text{C}$  diduga daerah tersebut terjadi kenaikan massa air. Dugaan terjadinya kenaikan massa air berangsur-angsur hilang pada bulan September dan Oktober. Pembentukan sebaran SPL selama bulan Juni – September yang relatif lebih rendah terlihat terjadi di bagian selatan dan bagian tengah sebelah barat perairan Selat Makasar, sedangkan saat bulan Oktober hanya ada di bagian selatan perairan Selat Makasar. Pada bulan November sebaran SPL di perairan Selat Makasar relatif tinggi sama seperti bulan April, dan pada bulan Desember sebaran SPL di bagian utara lebih rendah dibandingkan bagian tengah dan selatan dengan kisaran  $28,00^{\circ}\text{C}$  –  $29,20^{\circ}\text{C}$ .





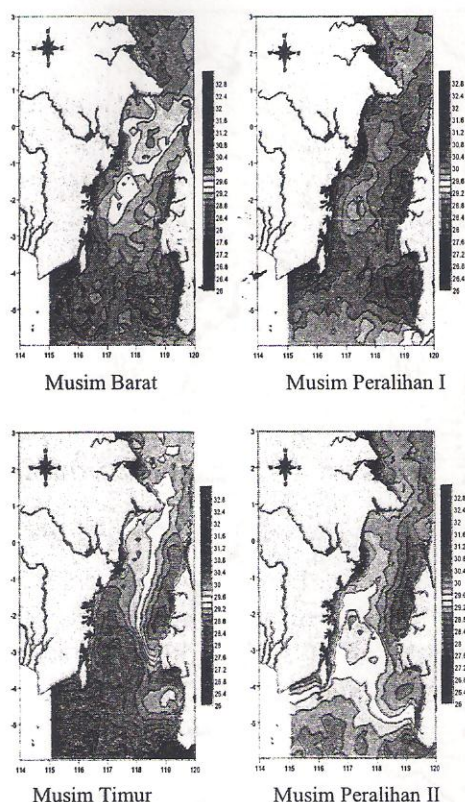
Gambar 3. Sebaran SPL bulanan dari tahun 2002-2008  
(Distribution of monthly SST from the year 2002-2008)

Gambar 4 memperlihatkan sebaran spasial SPL musiman berdasarkan data rata-rata bulanan SPL MODIS dari tahun 2002-2008. Sebaran SPL pada musim barat terlihat dibagian utara lebih rendah dibandingkan bagian tengah dan selatan perairan Selat Makasar dengan kisaran  $28,00^{\circ}\text{C}$  –  $28,80^{\circ}\text{C}$ , sebaran SPL yang lebih rendah dibagian utara ini beransur-ansur menghilang dan suhu semakin meningkat pada musim peralihan I dengan kisaran  $29,60^{\circ}\text{C}$  –  $31,20^{\circ}\text{C}$ . Pada musim timur sebaran SPL terlihat lebih rendah di bagian selatan dengan kisaran  $26,20^{\circ}\text{C}$  –  $28,80^{\circ}\text{C}$  dan terlihat dugaan adanya kenaikan massa air, sedangkan ke arah tengah dan utara perairan Selat Makasar suhu relatif lebih tinggi. Sebaran SPL pada musim peralihan II, dibagian utara sampai bagian tengah perairan suhu relatif lebih tinggi dibandingkan bagian selatan perairan Selat Makasar. Secara umum, sebaran SPL di perairan Selat Makasar pada musim peralihan lebih tinggi dibandingkan musim barat dan musim timur. Suhu di lapisan permukaan sampai kedalaman tertentu pada Musim Barat lebih hangat dibandingkan Musim Timur (Illahude and Gordon, 1996).

#### POLA PERGERAKAN ANGIN

Sebaran SPL di perairan Selat Makasar diduga akibat pengaruh hembusan angin di daerah tersebut. Pola sebaran angin di perairan Selat Makasar dapat dilihat pada Gambar 5. Data sebaran angin yang digunakan dari tahun 1998-2008 dimana data SPL yang diunduh masih dalam rentang tahun tersebut. Bulan Januari – Maret angin bertiup ke arah Tenggara dengan kecepatan angin berkisar  $1 \text{ m/dtk}$  –  $3 \text{ m/dtk}$ .





Gambar 4. Sebaran SPL Musiman dari tahun 2002-2008  
(*Seasonal distribution of SST from the year 2002-2008*)

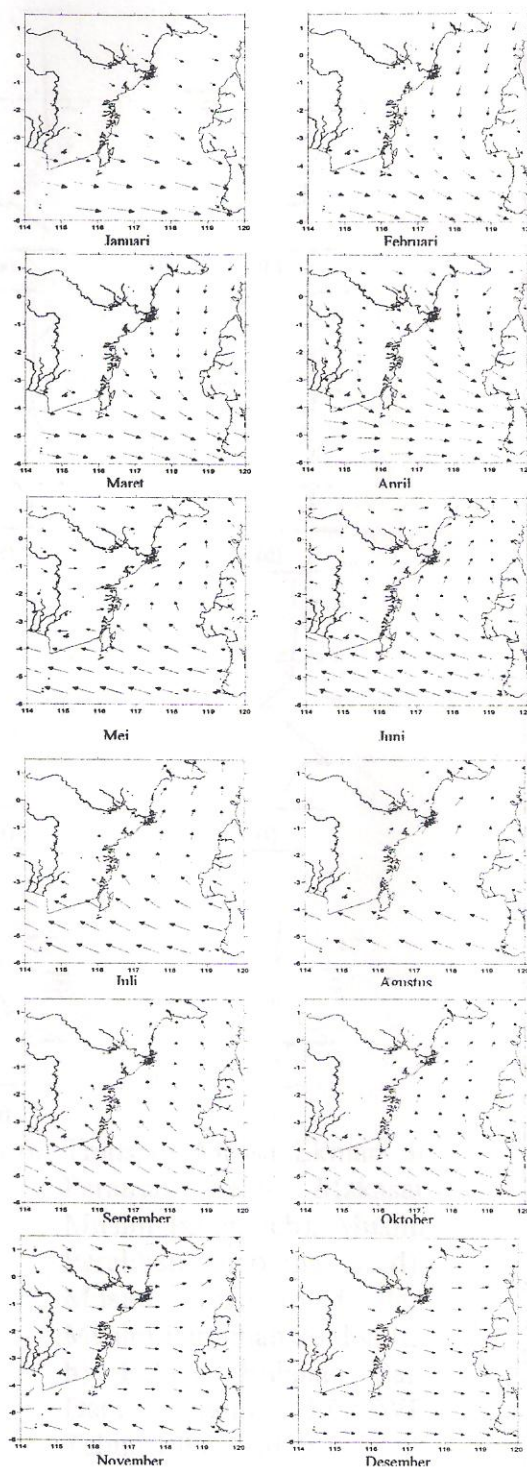
Pada bulan April – Juni terjadi masa peralihan, angin bertiup bulan April ke Tenggara terutama di bagian selatan perairan dengan kecepatan rendah kira-kira 1 m/dtk. Pada bulan Mei – Juni pola angin berubah bertiup ke arah Barat Laut dengan kecepatan lebih rendah di bulan Mei dan meningkat selama bulan Juni berkisar 1 m/dtk – 5 m/dtk. Di bagian utara perairan Selat Makasar pada bulan April - Juni kecepatan angin relatif rendah dibawah 1 m/dtk. Pola angin pada bulan Juli – Oktober bertiup ke arah Barat Laut di bagian selatan dan ke arah Utara di bagian tengah dan utara perairan Selat Makasar. Kecepatan angin tinggi pada bulan Juli - Oktober, peningkatan kecepatan angin ini terjadi di bulan Juli dan mencapai puncaknya

di bulan Agustus dengan kecepatan berkisar 5 m/dtk – 6 m/dtk dan berangsur - angsur berkurang kecepatannya di bulan Oktober. Pada bulan November dan Desember pola angin mengalami perubahan dari bertiup ke arah Barat Laut di sebagian kecil bagian selatan perairan dan ke arah Timur Laut di sebagian kecil bagian barat perairan Selat Makasar dekat dengan Pulau Kalimantan kecepatan angin rendah kira-kira 1 m/dtk dan di sebagian besar perairan Selat Makasar kecepatan angin di bawah 1 m/dtk pada bulan November, berubah ke arah Timur dan Tenggara di perairan Selat Makasar pada bulan Desember dengan kecepatan 1 m/dtk – 3 m/dtk.

Angin utama yang berhembus di perairan Selat Makasar adalah angin muson. Angin ini dalam setahun mengalami pembalikan arah dua kali. Perubahan arah dan pergerakan angin muson ini berhubungan erat dengan terjadinya perbedaan tekanan udara di atas Benua Asia dan Australia. Pada bulan Desember-Februari umumnya angin bertiup dari Benua Asia ke Benua Australia, sehingga di atas perairan Selat Makasar angin bertiup dari arah utara ke arah selatan selat atau angin Muson Barat dan pada bulan Juni-Agustus angin bertiup dari Benua Australia ke Benua Asia yang mengakibatkan arah angin di atas perairan Selat Makasar bertiup dari arah tenggara ke arah utara atau angin Muson Timur (Wyrski, 1961).

Pergantian angin muson dari Muson Barat ke Muson Timur menimbulkan berbagai macam pengaruh terhadap sifat perairan Selat Makasar. Selama angin Muson Barat berhembus, curah hujan akan meningkat yang berakibat menurunnya nilai salinitas perairan.





Gambar5. Sebaran Angin Rataan Bulanan dari 1998 – 2008  
(Distribution of Monthly Average Wind from 1998 – 2008)

Sebaliknya pada Muson Timur, terjadi peningkatan salinitas

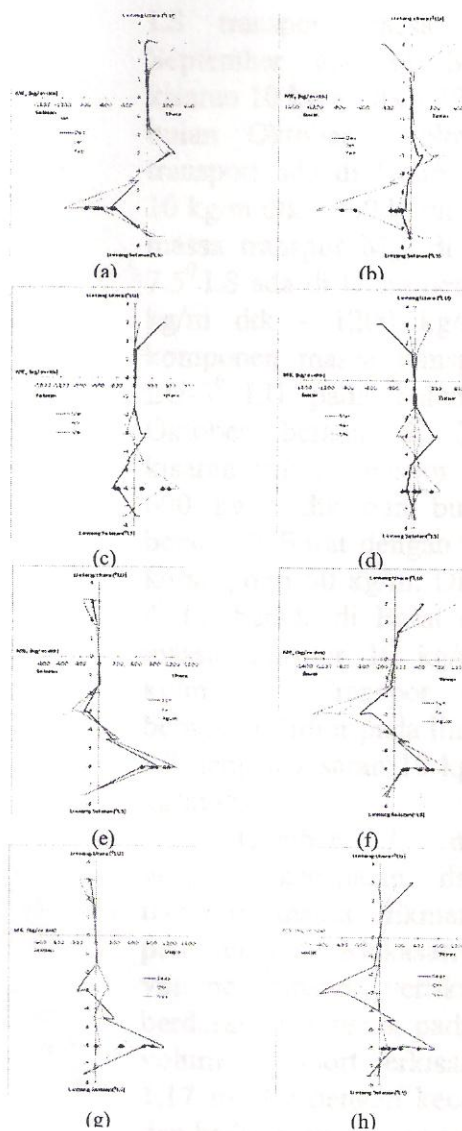
akibat penguapan yang besar, ditambah dengan masuknya massa air yang bersalinitas tinggi dari Samudera Pasifik melalui Laut Sulawesi dan masuk ke perairan Selat Makasar (Wyrtki, 1961).

#### TRANSPOR MASSA EKMAN

Gambar 6 memperlihatkan transpor massa Ekman di perairan Selat Makasar yang digambarkan berdasarkan lintang. Secara umum, transpor massa Ekman pada musim Barat di lintang  $1^{\circ}\text{LU} - 3^{\circ}\text{LU}$  komponen  $M_{Ey}$  dan di  $1^{\circ}\text{LS} - 4^{\circ}\text{LS}$  berada di Utara dengan kisaran transpor massa berturut-turut 10 kg/m dtk - 600 kg/m dtk dan 100 kg/m dtk - 400 kg/m dtk. Pada lintang  $4^{\circ}\text{LS} - 7.5^{\circ}\text{LS}$  transpor massa Ekman ada di Selatan dengan kisaran massa transport 300 kg/m dtk - 1300 kg/m dtk. Untuk komponen massa transpor  $M_{Ex}$  di  $1^{\circ}\text{LU} - 3^{\circ}\text{LU}$  pada bulan Desember dan Januari berada di Barat dengan besaran massa transpor 10 kg/m dtk - 900 kg/m dtk dan bulan Februari berada di Timur dengan transpor massa 10 kg/m dtk - 600 kg/m dtk. Di lintang  $1^{\circ}\text{LS} - 4^{\circ}\text{LS}$  berada di Timur dengan kisaran massa transpor 10 kg/m dtk - 400 kg/m dtk. Pada lintang  $4^{\circ}\text{LS} - 7.5^{\circ}\text{LS}$  transpor massa Ekman ada di Barat dengan kisaran massa transpor 50 kg/m dtk - 1300 kg/m dtk.

Transpor massa Ekman pada musim peralihan pertama di lintang  $1^{\circ}\text{LU} - 3^{\circ}\text{LU}$  komponen  $M_{Ey}$  mempunyai kecenderungan yang sama seperti pada musim Barat berada di Utara dengan kisaran 10 kg/m dtk - 600 kg/m dtk. Pada lintang  $1^{\circ}\text{LS} - 4^{\circ}\text{LS}$  transpor massa Ekman bulan Maret – April ada di Utara dengan kisaran 10 kg/m dtk - 300 kg/m dtk dan bulan Mei massa transport ada di Selatan dengan kisaran 10 kg/m dtk - 200 kg/m dtk.





Gambar 6. Transpor Massa Ekman di Perairan Selat Makassar Musim Barat (a,b), Musim Peralihan pertama (c,d), Musim Timur (e, f) dan Musim Peralihan ke dua (g, h) Rataan Bulanan dari Data Angin ECMWF Tahun 1998 – 2010  
(*Ekman mass transport in the waters of Makassar Strait West season (a, b), the first Transitional Season (c, d), East season (e, f) and 2<sup>nd</sup> Summer Transition (g, h) Monthly Average from ECMWF wind data of 1998 - 2010*)

Komponen massa transpor  $M_{Ey}$  pada bulan Maret di lintang  $4^{\circ}$  LS- $7.5^{\circ}$  LS ada di Selatan dengan kisaran 200 kg/m dtk - 300 kg/m dtk dan bulan April – Mei massa transport ada di Utara dengan kisaran 10 kg/m dtk - 800 kg/m dtk. Untuk komponen massa transpor  $M_{Ex}$  di  $1^{\circ}$  LU- $3^{\circ}$  LU pada bulan Maret - April berada di Barat dengan kisaran massa transpor 10 kg/m dtk - 600 kg/m dtk dan bulan Mei berada di Timur dengan massa transport 10 kg/m dtk - 250 kg/m dtk. Di lintang  $1^{\circ}$  LS- $4^{\circ}$  LS untuk bulan Maret – April berada di Timur dengan kisaran massa transport 10 kg/m dtk - 300 kg/m dtk dan bulan Mei berada di Barat dengan kisaran 10 kg/m dtk - 300 kg/m dtk. Transpor massa Ekman bulan Maret ada di Barat pada lintang  $4^{\circ}$  LS- $7.5^{\circ}$  LS dengan kisaran 10 kg/m dtk - 200 kg/m dtk dan bulan April – Mei berada di Timur dengan kisaran massa transport 10 kg/m dtk - 350 kg/m dtk.

Transpor massa Ekman pada musim Timur di lintang  $1^{\circ}$  LU -  $3^{\circ}$  LU komponen  $M_{Ey}$  dan di  $1^{\circ}$  LS- $4^{\circ}$  LS mempunyai kecenderungan berbeda dengan musim Barat berada di Selatan dengan kisaran massa transport berturut-turut 10 kg/m dtk - 200 kg/m dtk dan 10 kg/m dtk - 500 kg/m dtk. Pada lintang  $4^{\circ}$  LS- $7.5^{\circ}$  LS transpor massa Ekman ada di Utara dengan kisaran massa transport 400 kg/m dtk - 1300 kg/m dtk. Untuk komponen massa transpor  $M_{Ex}$  di  $1^{\circ}$  LU- $3^{\circ}$  LU berada di Timur dengan kisaran 50 kg/m dtk - 1000 kg/m dtk. Di lintang  $1^{\circ}$  LS -  $4^{\circ}$  LS berada di Barat dengan kisaran massa transport 50 kg/m dtk - 1350 kg/m dtk. Pada lintang  $4^{\circ}$  LS -  $7.5^{\circ}$  LS transpor massa Ekman ada di Timur dengan kisaran 100 kg/m dtk - 950 kg/m dtk.

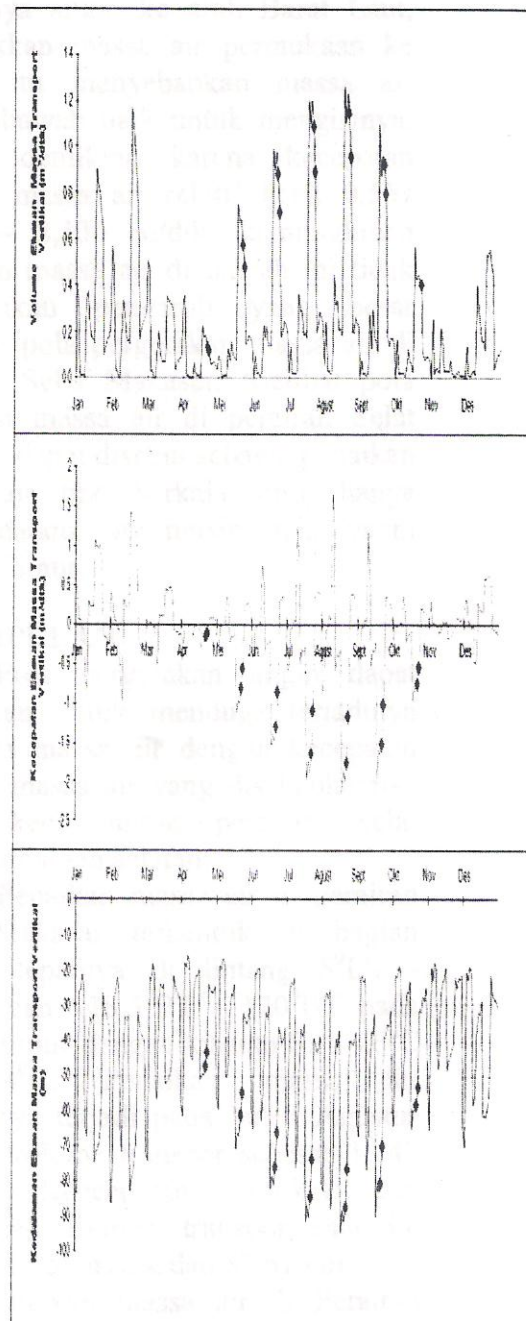
Transpor massa Ekman pada musim peralihan ke dua di lintang  $1^{\circ}$  LU -  $3^{\circ}$  LU komponen  $M_{Ey}$  berada di Selatan dengan kisaran 10 kg/m dtk - 200 kg/m dtk. Pada lintang  $1^{\circ}$  LS -  $3^{\circ}$



LS transpor massa Ekman bulan September ada di Selatan dengan kisaran 10 kg/m dtk - 300 kg/m dtk dan bulan Oktober - November massa transport ada di Utara dengan kisaran 10 kg/m dtk - 300 kg/m dtk. Komponen massa transpor  $M_{Ey}$  di lintang  $4^0$  LS- $7.5^0$  LS ada di Utara dengan kisaran 10 kg/m dtk - 1200 kg/m dtk. Untuk komponen massa transpor  $M_{Ex}$  di  $1^0$  LU- $3^0$  LU pada bulan September - Oktober berada di Timur dengan kisaran massa transpor 10 kg/m dtk - 600 kg/m dtk dan bulan November berada di Barat dengan massa transpor kurang dari 50 kg/m. Di lintang  $1^0$  LS- $4^0$  LS berada di Barat dengan kisaran massa transpor 10 kg/m dtk - 1000 kg/m dtk. Transpor massa Ekman berada di Timur pada lintang  $4^0$  LS- $7.5^0$  LS dengan kisaran 10 kg/m dtk - 1000 kg/m dtk.

Gambar 7. memperlihatkan volume, kecepatan dan kedalaman transpor massa Ekman vertikal di perairan Selat Makasar. Secara umum volume transpor vertikal berfluktuasi berdasarkan musim, pada musim Barat volume transport berkisar  $0,01 \text{ m}^3/\text{dtk}$  -  $1,17 \text{ m}^3/\text{dtk}$  dengan kecepatan vertikal dan kedalaman Ekman transpor masing-masing berkisar  $0,04 \text{ m/dtk}$  -  $1,43 \text{ m/dtk}$  dan  $18,87 \text{ m}$  -  $86,56 \text{ m}$ . Volume transport pada musim peralihan pertama berkisar berkisar  $0,0005 \text{ m}^3/\text{dtk}$  -  $0,758 \text{ m}^3/\text{dtk}$  dengan kecepatan vertikal dan kedalaman Ekman transpor masing-masing berkisar  $0,025 \text{ m/dtk}$  -  $1,11 \text{ m/dtk}$  dan  $15,82 \text{ m}$  -  $71,1 \text{ m}$ . Pada musim Timur volume transpor berkisar  $0,09 \text{ m}^3/\text{dtk}$  -  $1,257 \text{ m}^3/\text{dtk}$  dengan kecepatan vertikal dan kedalaman Ekman transpor masing-masing berkisar  $0,04 \text{ m/dtk}$  -  $2,13 \text{ m/dtk}$  dan  $19,79 \text{ m}$  -  $94,98 \text{ m}$ . Volume transpor pada musim peralihan ke dua berkisar berkisar  $0,02 \text{ m}^3/\text{dtk}$  -  $1,09 \text{ m}^3/\text{dtk}$  dengan kecepatan vertikal dan kedalaman Ekman transpor masing-

masing berkisar  $0,06 \text{ m/dtk}$  -  $1,94 \text{ m/dtk}$  dan  $17,56 \text{ m}$  -  $90,15 \text{ m}$ .



◆ merupakan daerah penaikan massa air

Gambar 7. Volume, kecepatan dan kedalaman transpor massa Ekman vertikal di perairan Selat Makasar  
(Volume, speed and depth of the vertical Ekman mass transport in Makassar Strait)



Transpor maksimum pada berbagai lokasi seperti Selat Makassar, Selat Lombok, Selat Ombai, Laut Sawu dan dari Laut Banda ke Samudera India terjadi pada saat bertiupnya angin Muson Tenggara antara Juli – September dan minimum saat Muson Barat Laut antara November – Februari (Meyers *et al.* 1995; Gordon and J. McClean, 1999; Molcard *et al.* 1994; Hautala *et al.* 2001).

#### PENAIKAN MASSA AIR

Penaikan massa air di perairan Selat Makasar diduga terbentuk di bagian selatan, tepatnya di lintang  $5^{\circ}\text{LS}$  -  $6.5^{\circ}\text{LS}$  dan  $118.5^{\circ}\text{BT}$  -  $120^{\circ}\text{BT}$  yang disebabkan oleh hembusan angin sesuai dengan musim. Hal ini terlihat jelas pada Gambar 5 saat musim timur dengan kisaran suhu  $26^{\circ}\text{C}$  -  $27.4^{\circ}\text{C}$ . Dugaan adanya penaikan massa air mulai terlihat dari bulan Juni dan mencapai puncaknya pada bulan Agustus kemudian berangsur-angsur menghilang di bulan Oktober. Dugaan penaikan massa air dapat dilihat pula pada Gambar 8, yang mulai terbentuk dibulan Mei dan berakhir sampai bulan Oktober. Pada bulan Mei volume transpor massa Ekman vertikal sebesar  $0.578 \text{ m}^3/\text{dtk}$ , dengan kecepatan vertikal dan kedalaman Ekman transpor  $0.818 \text{ m/dtk}$  dan  $61,489 \text{ m}$ , volume transpor ini semakin meningkat dan mencapai puncaknya pada bulan Agustus sebesar  $1.147 \text{ m}^3/\text{dtk}$  dengan kecepatan vertikal dan kedalaman Ekman transpor  $1,759 \text{ m/dtk}$  dan  $87,615 \text{ m}$  kemudian berangsur-angsur menurun dari bulan September dengan volume transpor sebesar  $0.92 \text{ m}^3/\text{dtk}$  ke bulan Oktober dengan volume transpor sebesar  $0.447 \text{ m}^3/\text{dtk}$  dan kecepatan vertikal serta kedalaman Ekman transpor pada bulan Oktober sebesar  $0.754 \text{ m/dtk}$  dan  $87,615 \text{ m}$ .

Pada saat terjadi dugaan penaikan massa air, massa air pada

lapisan permukaan akan terangkut dan bergerak ke selatan sebagai akibat bertiupnya angin ke arah Barat Laut, pergerakan massa air permukaan ke selatan itu menyebabkan massa air lapisan bawah naik untuk mengisinya. Namun demikian karena kecepatan vertikal massa air relatif kecil  $0.557 \text{ m/dtk}$  -  $2,136 \text{ m/dtk}$ , kemungkinan penaikan massa air di daerah ini tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap pola pergerakan massa air di perairan Selat Makasar. Melihat pola penaikan massa air di perairan Selat Makasar dapat disebut sebagai penaikan massa air tipe berkala yang hanya terjadi dalam satu musim saja, yakni Musim Timur.

#### KESIMPULAN

Pola pergerakan angin dapat digunakan untuk menduga terjadinya penaikan massa air dengan kecepatan vertikal massa air yang disebabkan relatif kecil untuk perairan Selat Makasar bagian selatan.

Penaikan massa air di perairan Selat Makasar terbentuk di bagian selatan tepatnya di lintang  $5^{\circ}\text{LS}$  -  $6.5^{\circ}\text{LS}$  dan  $118.5^{\circ}\text{BT}$  -  $120^{\circ}\text{BT}$  pada musim timur dengan kisaran SPL  $26^{\circ}\text{C}$  -  $27.4^{\circ}\text{C}$ . Penaikan massa air puncaknya terjadi pada bulan Agustus dengan volume transpor sebesar  $1.147 \text{ m}^3/\text{dtk}$ . Kecepatan vertikal dan kedalaman Ekman transpor saat itu sebesar  $1,759 \text{ m/dtk}$  dan  $87,615 \text{ m}$ .

Penaikan massa air di Perairan Selat Makasar terjadi karena pola angin pada Musim Timur.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ffield, A., K. Vranes, A. L. Gordon, and R.D.Susanto, 2000, *Temperature Variability within Makassar Strait*, Geophysical Research Letters, 27(2): 237-240



- Gordon, A. L. and J. McClean, 1999, *Termohaline Stratification of the Indonesian Seas – Model and Observations*, *J. Pys. Ocean.*, 29, 198 – 216,
- Gordon, A.L., 2001, *Interocean Exchange*, In: *Ocean Circulation and Climate*, G. Siedler, J. Church and J. Gould (eds.), Academic Press (In press).
- Hautalla, S. L., J. Sprintall, J. Potemra, A. G. Ilahude, J. C. Chong. W. Pandoe and N. Bray, 2001, *Velocity Structure and Transport of Indonesian Throughflow in The Major Strait Restricting Flow into The Indian Ocean*, *J. Geophys. Res.*, 106, 19,527-19,546.
- Ilahude, A. G., 1970, *On the Occurance of Upwelling in Southern Macassar Strait*. Marine Research in Indonesia. No 10: 3-23
- Ilahude, A. G. and A. L. Gordon, 1996, *Thermocline Stratification Within The Indonesian Seas*. *J. Geophys. Res.* 101(C5):12,401-12,409.
- Laevastu, T and I. Hela, 1981, *Fisheries Oceanography*. Fishing News (book), Oxford.
- Meyers, G., R. J. Balley, and A. P. Worby, 1995, *Geostrophic Transport of Indonesian Throughflow*, *Deep Sea Res.*, Part 1, 42, 1163-1174.
- Molcard, R., A.G. Ilahude, M. Fieux, J. C. Swallow, and J. Banjarnahor, 1994, *Low Frequency Variability of The Current in Indonesia Channels (Savu-Roti M1 and Roti Ashmore Reef M2*, *Deep Sea Res.*, 41, 1643-1662.
- Reddy, M.P.M, 1993, *Influence of the Various Oceanographic Parameters on the Abundance of Fish Catch*. *Proceeding of International workshop on Apllication of Satellite Remote Sensing for Identifying and Forecasting Potential Fishing Zones in Developing Countries*, India, 7-11 December 1993.
- Sprintall J, A L Gordon, R. Murtugudde and R. D. Susanto, 2000, *A semiannual Indian Ocean Forced Kelvin Wave Observed in The Indonesian Seas in May 1997*. *J. Geophys. Res.*, 105, 17217-17230.
- Stewart, Robert H, 2008, *Introduction to Physical Oceanography*, Department of Oceanography, Texas A & M University.
- Susanto, R.D., and A.L Gordon, 2005, *Velocity And Transport Of The Makassar Strait Throughflow*, *Journal Geophys. Res.* Vol. 110, C01005, doi:10.1029/2004JC002425.
- Tomascik, T. Mah, Anmarie Janice. Nontji, Anugerah and Moosa, M.K, 1997, *The ecology of Indonesia series, volume VII: the ecology of the Indonesian Seas, part one*, Periplus Edition Ltd. Hong Kong
- Wyrtki, K., 1961, *Physical oceanography of the Southeast Asian waters, scientific results of maritime investigations of the South China Sea and Gulf of Thailand 1959-1961*, NAGA Report 2. Scripps Institute of Oceanography, 195pp.