

PEMODELAN NUMERIK *PRINCETON OCEAN MODEL* (POM) TRANSPORT VOLUME ARUS LINTAS INDONESIA (ARLINDO) HUBUNGANNYA DENGAN ENSO DAN MONSUN

*Andi Galsan Mahie, **Megawati

*Staf Pengajar Jurusan Matematika, FMIPA, University of Hasanuddin, Makassar

** Staf Pengajar Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan, Mandalle

Abstrak :

Variabilitas transpor volume Arus Lintas Indonesia (Arlindo) di Selat Makassar telah disimulasi dengan model numerik POM (Princeton Ocean Model) dengan gaya pembangkit angin enam jaman dari National Center Environmental Prediction (NCEP) tahun El Nino 1982-1983 dan tahun La Nina 1998. Transpor volume dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia maksimum pada saat tahun La Nina dan minimum pada tahun El Nino. Di Selat Makassar pengaruh angin juga diperlihatkan dimana signifikan pada kedalaman 10 meteran akan tetapi pada laut dalam pengaruh Enso sangat dominan.

Kata Kunci: Transport Volume, ENSO, El Nino, La Nina

1. Pendahuluan

Arus lintas Indonesia (Arlindo) adalah arus utama yang menghubungkan antara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia dan mengalir di bagian laut dalam kawasan timur kepulauan Indonesia.

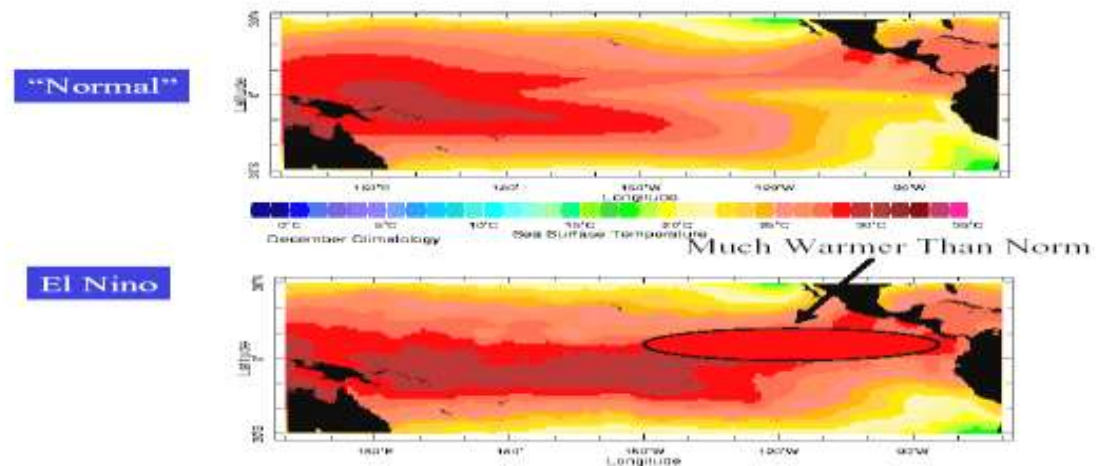
Pada umumnya Arlindo bergerak dari Mindanao dan Halmahera menuju ke Selat Makassar, Selat Lombok, Laut Timor dan berakhir di Samudera Hindia. Net transpor total Arlindo ke arah barat/barat daya sepanjang waktu merupakan aliran arus dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia dengan kisaran harga volume transpor Arlindo sebesar 10 - 20 Sv ($1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3/\text{dtk}$) (Miyama *dkk.*, 1995; Lukas, 1996 dalam Mardiansyah, 2003). Di perairan Indonesia, Selat Makassar memegang peranan penting karena merupakan pintu gerbang utama lewatnya Arlindo. Secara umum Selat Makassar merupakan jalur lintasan di kawasan lintang rendah yang mentransfer panas, salinitas rendah dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia. Arlindo berperan penting dalam rantai sirkulasi termohalin dan fenomena iklim global (Sprintal *dkk.*, 2000 dan Gordon, 2000). Fenomena El Niño ini terkait dengan meningkatnya suhu permukaan laut (SPL) di Pantai Timur Pasifik dan kolam air hangat (sel panas) bergerak ke timur menjauhi perairan Indonesia. Fenomena atmosfer dan iklim serta proses interaksi laut-atmosfer (laut-udara) turut mempengaruhi El Niño. Sedangkan fenomena La Niña adalah sebaliknya dimana penurunan SPL di Pasifik Timur dan kolam air hangat (sel panas) bergerak ke barat mendekati Perairan Indonesia.¹ Berdasarkan hasil penelitian periode ulang terjadinya El Niño berkisar antara 2 sampai 3 tahun dengan intensitas lemah (El Niño minor) dan 8 sampai 11 tahun dengan intensitas besar (El Niño

^{1,2,3} Jurusan Matematika FMIPA Universitas Hasanuddin Makassar, Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Makassar

major). Beberapa ahli lainnya berpendapat bahwa periode ulang El Niño berkisar 2 sampai 7 tahun (Torrence and Webster, 1999 dalam Mardiansyah, 2002).

Secara singkat kejadian El Niño dapat diuraikan sebagai berikut: Pada tahun normal (tahun bukan kejadian El Niño) arus permukaan di ekuator Pasifik Selatan mengalir dari timur ke barat. Hal ini mengakibatkan elevasi muka air laut di bagian barat Pasifik Selatan lebih tinggi dan SPL di bagian ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan bagian timurnya. Adanya perubahan SPL di bagian timur dan/atau melemahnya angin pasat menyebabkan perubahan arah arus ekuator di Pasifik Selatan yang semula ke arah barat menjadi mengalir ke timur. Perubahan arah arus ini menyebabkan makin tingginya SPL di bagian timur Pasifik Selatan. Makin kontrasnya gradien suhu antara timur-barat ini membangkitkan angin baratan yang bertiup dari barat Pasifik ke bagian timurnya. Bertiupnya angin baratan ini menambah kuatnya kontras suhu atau makin bertambahnya suhu di bagian timur Pasifik Selatan. Sirkulasi angin, dan arus lautan seperti tersebut terjadi pada tahun El Niño.

Perbandingan kondisi SPL dari citra satelit antara pada kondisi tahun normal dan tahun El-Niño, dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. Perbandingan SPL di Equatorial Samudra Pasifik untuk kondisi Normal dan El-Nino

(sumber:

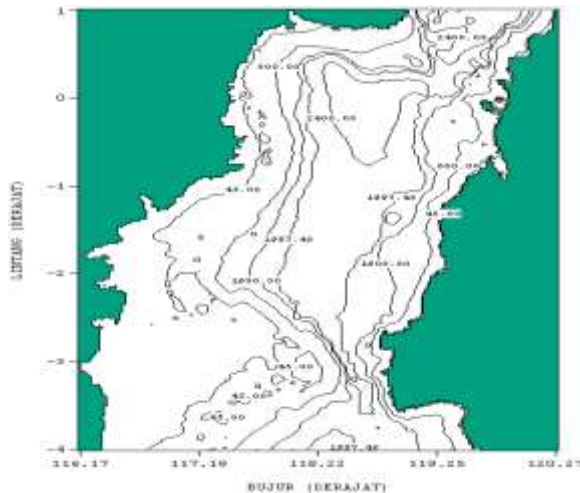
http://www.seawisfs.gsfc.nasa.gov:80/OCEAN_PLANET/HTML/oceanography_el_nino.html)

2. Metode dan Bahan

Model laut yang digunakan dalam studi ini adalah model laut Princeton (*Princeton Ocean Model, POM*). Model ini pada awalnya dibangun oleh Blumberg dan Mellor (pada akhir tahun 1970-an) dan sekarang telah banyak mengalami modifikasi yang diberikan oleh peneliti-peneliti lainnya.

Daerah penelitian yang dimodelkan adalah perairan Selat Makassar dan sekitarnya, yaitu: pada $4^{\circ}\text{LS} - 1^{\circ}\text{LU}$ dan $116,17^{\circ}\text{BT} - 120,27^{\circ}\text{BT}$. Data batimetri daerah model adalah data batimetri sekunder yang diterbitkan oleh Dinas Hidro-Oseanografi TNI-AL(1992) (Gambar 3) dengan nomor peta sebagai berikut:

1. Peta batimetri Selat Makassar No. 126
2. Peta batimetri Selat Makassar No. 127
3. Peta batimetri Selat Makassar. 128



Gambar 4. Batimetri daerah model

(Sumber: 1. Peta Batimetri No.126 (Dishidros), 2. Peta Batimetri No.127 (Dishidros), dan 3. Peta Batimetri No 128 (Dishidros))

Untuk membangun model hidrodinamika arus yang dibangkitkan oleh angin, peta kedalaman perairan tersebut dideskritisasi dengan ukuran grid $\Delta x = \Delta y = 2500$ m dengan banyak grid arah x ada 182 dan untuk arah y ada 222 grid, sedangkan secara vertikal dibagi menjadi 7 lapisan. Untuk kestabilan model, maka ditambahkan grid bayangan di batas utara, dan selatan masing-masing 10 grid jadi jumlah grid keseluruhan untuk arah y ada 242. Teknik ini diperkenalkan oleh Zhang dan Li (1996).

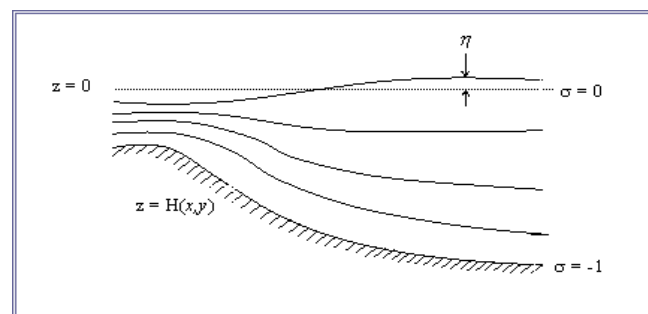
Model ini disimulasikan selama kejadian El Niño tahun 1982-1983 dan kejadian La Niña tahun 1998 dengan gaya pembangkit arus adalah angin. Di dalam model POM dilakukan transformasi persamaan pengatur dalam arah vertikal dari sistem koordinat kartesian ke koordinat- σ .

Transformasi ini dibuat untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih baik di lapisan permukaan dan dasar. Sistem koordinat ini akan mengikuti bentuk topografi dasar perairan (Gambar 5).

Transformasi yang digunakan adalah:

$$x^* = x; y^* = y; \sigma = \frac{z - \eta}{H + \eta}, t^* = t \quad (1)$$

dimana x, y, z adalah koordinat kartesian; $D = H + \eta$ adalah kedalaman total dengan $H(x,y)$ adalah topografi dasar dan $\eta(x,y,t)$ adalah elevasi permukaan air. Koordinat- σ merubah interval kolom air dari permukaan ($z = \eta$) ke dasar ($z = -H$) menjadi kedalaman yang seragam dari 0 sampai -1.

Gambar 5. Sistem Koordinat Sigma- σ (Sumber: Mellor, 1996)

Persamaan-persamaan pembangun model sirkulasi arus 3D yang sudah ditransformasikan ke dalam sistem koordinat σ adalah:

- Persamaan kontinuitas:

$$\frac{\partial DU}{\partial x} + \frac{\partial DV}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial \sigma} + \frac{\partial \eta}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

- Persamaan gerak dalam arah x dan y :

$$\begin{aligned} \frac{\partial UD}{\partial t} + \frac{\partial U^2 D}{\partial x} + \frac{\partial UVD}{\partial y} + \frac{\partial U\omega}{\partial \sigma} - fVD + \\ gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gD^2}{\rho_0} \left[\frac{\partial \rho'}{\partial x} - \frac{\sigma'}{D} \frac{\partial D}{\partial x} \frac{\partial \rho'}{\partial \sigma} \right] d\sigma = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_M}{D} \frac{\partial U}{\partial \sigma} \right] + F_x \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial VD}{\partial t} + \frac{\partial UVD}{\partial x} + \frac{\partial V^2 D}{\partial y} + \frac{\partial V\omega}{\partial \sigma} + fUD + \\ gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gD^2}{\rho_0} \left[\frac{\partial \rho'}{\partial y} - \frac{\sigma'}{D} \frac{\partial D}{\partial y} \frac{\partial \rho'}{\partial \sigma} \right] d\sigma = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_M}{D} \frac{\partial V}{\partial \sigma} \right] + F_y \end{aligned} \quad (4)$$

dimana:

U dan V : masing-masing komponen kecepatan arus untuk arah timur-barat dan utara-selatan;

ω : kecepatan vertikal dalam koordinat- σ ;

t : waktu;

f : parameter Coriolis;

g : percepatan gravitasi;

η : elevasi permukaan air;

ρ_0 : densitas referensi air;

ρ' : nilai fluktuasi dari densitas air;

K_M : viskositas eddy vertikal;

F_x dan F_y : suku difusi horisontal dalam arah x dan y .

Simbol ω pada persamaan di atas merupakan kecepatan vertikal dalam koordinat- σ . Secara fisis ω adalah komponen kecepatan normal ke permukaan sigma (σ). Kecepatan arus dalam arah vertikal di dalam koordinat Cartesian adalah:

$$W = \omega + U \left(\sigma \frac{\partial D}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \right) + V \left(\sigma \frac{\partial D}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial y} \right) + \sigma \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial \eta}{\partial t} \quad (5)$$

Model POM menggunakan teknik penyelesaian mode pemisah (mode-splitting technique) untuk mereduksi sejumlah besar pekerjaan komputasi dalam model 3D. Langkah waktu ('time step') perhitungan dalam teknik ini ada dua macam, yaitu: langkah waktu pendek dipakai untuk menyelesaikan persamaan dua dimensi (2D) yang dintegrasikan secara vertikal (mode eksternal) dan langkah waktu yang lebih panjang dipakai untuk persamaan tiga dimensi (mode internal). Mode eksternal diselesaikan dengan menggunakan persamaan yang diintegrasikan secara vertikal (2D), yaitu:

- Persamaan kontinuitas:

$$\frac{\partial D\bar{U}}{\partial x} + \frac{\partial D\bar{V}}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial t} = 0 \quad (6)$$

- Persamaan gerak dalam arah x dan y :

$$\frac{\partial \bar{U}}{\partial t} + \frac{\partial \bar{U}^2}{\partial x} + \frac{\partial \bar{U}\bar{V}}{\partial y} - f\bar{V} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\tau_{sx} - \tau_{bx}}{\rho_0 D} + A_H \Delta \bar{U} \quad (7)$$

$$\frac{\partial \bar{V}}{\partial t} + \frac{\partial \bar{U}\bar{V}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{V}^2}{\partial y} + f\bar{U} = -g \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\tau_{sy} - \tau_{by}}{\rho_0 D} + A_H \Delta \bar{V} \quad (8)$$

dimana:

\bar{U} dan \bar{V} :komponen kecepatan arus yang dirata-ratakan terhadap kedalaman masing-masing untuk arah timur-barat dan utara-selatan;

τ_{sx} dan τ_{sy} : stress permukaan masing-masing untuk arah x dan y ;

τ_{bx} dan τ_{by} : stress dasar masing-masing untuk arah x dan y ;

A_H : viskositas eddy horisontal;

$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$: operator Laplace 2-dimensi.

Untuk menghitung korelasi antara variable digunakan Persamaan yang diperoleh dari Draper dan Smith (1992) sebagai berikut:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\left\{ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right\}^{1/2} \left\{ \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right\}^{1/2}}, \quad (9)$$

dimana:

r_{xy} = koefisien korelasi antara variabel x dan variabel y ; $-1 \leq r_{xy} \leq 1$

x_i = variabel x ; ($i=1,2,3,\dots,n$)

y_i = variabel y ; ($i=1,2,3,\dots,n$)

\bar{x} = rata-rata variabel x

\bar{y} = rata-rata variabel y

Koefisien korelasi adalah nilai yang mewakili hubungan antara variabel x dan variabel y .

3. Variabilitas Transpor Musiman di Selat Makassar

3.1 Transpor Volume pada tahun El Niño 1982 – 1983

Berdasarkan hasil model diperoleh transpor volume pada tahun kejadian El Niño 1982 – 1983 (Mei 1982 – Juni 1983) di 3 penampang menunjukkan arah transpor volume di Selat Makassar semuanya menuju Laut Jawa (ke Selatan).

Setelah dianalisis menggunakan Analisis korelasi silang anatar Anomali SPL Niño3.4 dengan transpor volume di Selat Makassar (Gambar 6), diperoleh bahwa untuk data yang belum difilter nilai koefisien korelasi antara Anomali SPL Niño3.4 dengan transpor volume di Selat Makassar $r=0,3811$ lihat Gambar 6.a, sedangkan untuk data yang telah difilter 6 bulan (Gambar 6.b), memperlihatkan adanya korelasi positif dengan nilai koefisien korelasi $r = 0,308$, kemudian untuk data yang telah difilter 12 bulan juga diperoleh korelasi positif dengan

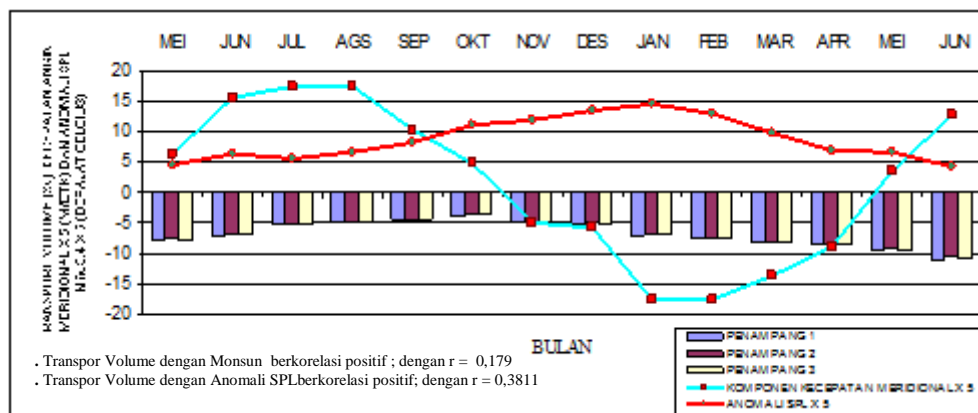
Andi Galsan Mahie, Megawati

nilai koefisien korelasi $r = 0,309$ Gambar 6.c. Hasil ini memberikan indikasi bahwa jika terjadi penguatan anomali SPL positif (fasa El Niño) maka akan terjadi pengurangan transpor volume ke selatan (Laut Jawa).

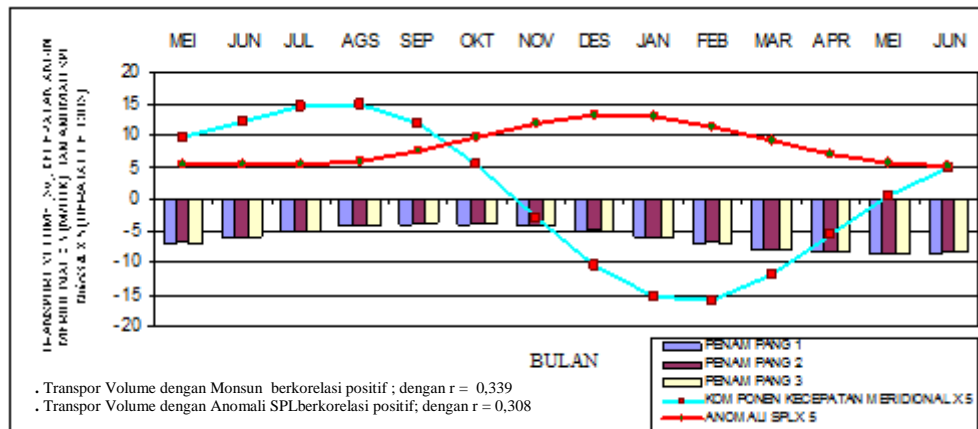
Transpor volume hubungannya dengan Monsun menghasilkan nilai koefisien korelasi $r=0,179$ lihat Gambar 6.a, pada data yang telah difilter 6 bulan lihat Gambar 6.b memperlihatkan adanya korelasi positif dengan nilai koefisien korelasi $r = 0,339$, sedangkan untuk data yang telah difilter 12 bulan juga diperoleh korelasi positif dengan nilai koefisien korelasi $r = 0,359$ (lihat Gambar 6.c). Hasil ini memberikan indikasi bahwa jika terjadi penguatan monsun ke-arah selatan (Laut Jawa) maka akan terjadi pengurangan transpor volume ke-arah selatan (Laut Jawa), artinya bahwa monsun cuma berpengaruh pada permukaan perairan.

Di dalam model juga dihitung berapa besar transpor volume maksimum, transpor volume minimum dan transpor volume rata-rata selama tahun El Niño 1982 – 1983 di Selat Makassar, untuk data yang belum difilter transpor volume maksimum terjadi pada bulan Juni 1983 dengan besar transpor volume 10,73 Sv (rata-rata 3 penampang), sedangkan transpor volume mencapai minimum terjadi pada bulan Oktober 1982 dengan besar transpor volume 3,78 Sv, dengan transpor volume rata-rata selama kejadian El Niño 1982 – 1983 sebesar 6,74 Sv, sedangkan untuk data yang telah difilter selama 6 bulan transpor volume maksimum terjadi pada bulan Mei 1983 dengan besar 8,65 Sv, transpor volume minimum terjadi pada bulan Oktober 1982 dengan besar 3,84 Sv dan transpor volume rata-rata selama fasa El Niño 1982 – 1983 sebesar 6,12 Sv, kemudian untuk data yang telah difilter selama 12 bulan diperoleh nilai transpor maksimum 8,78 Sv pada bulan Mei 1983, minimum pada bulan Oktober 1982 sebesar 5,45 Sv dengan transpor rata-rata selama tahun El Niño 1982 – 1983 sebesar 7,02 Sv.

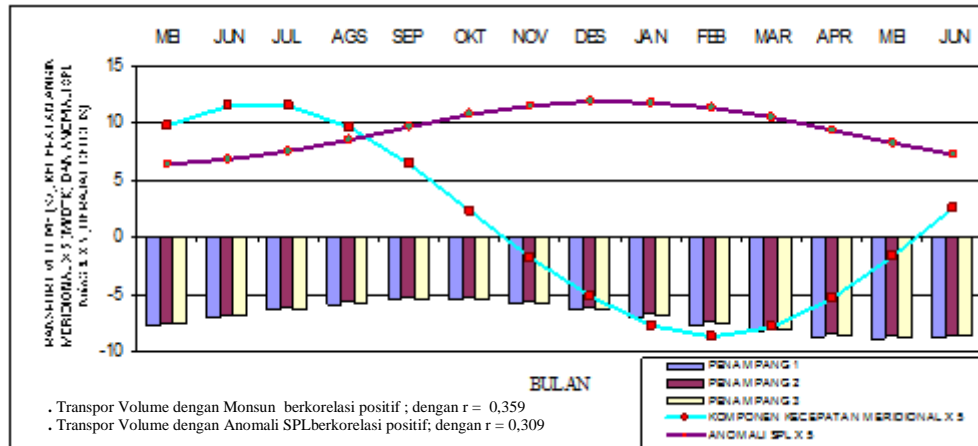
a.



b.



c.



Gambar 6

Hubungan Transpor Volume, Komponen Kecepatan Angin Meridional,
dan Anomali SPL Niño3.4 pada Tahun El Niño 1982-1983

(a) tanpa filter (b) filter 6 bulan (c) filter 12 bulan

Keterangan:

- Nilai negatif artinya Transpor Volume dan Kecepatan Angin bergerak ke arah Selatan (**Laut Jawa**), bernilai positif jika ke arah Utara (**Samudera Pasifik**).

3.2 Transpor Volume pada tahun La Nina 1998 (Juni 1998 – Desember 1998)

Sesuai dengan penelitian dari Wyrki (1961) yang mengatakan bahwa sepanjang tahun arus mengalir dari Utara – Selatan di Selat Makassar, pada perhitungan transpor volume di tahun La Niña 1998 (Juni 1998 – Desember 1998) menunjukkan bahwa transpor volume menuju Laut Jawa (ke Selatan) di sepanjang tahun.

Pengaruh ENSO terhadap transpor volume di Selat Makassar dapat dianalisis dengan melihat besarnya nilai koefisien korelasi (r) diantara keduanya. Untuk data yang belum difilter (Gambar 7.a) diperoleh nilai $r=0,62$, sedangkan untuk data yang telah difilter 6 bulan (Gambar 7.b) memperlihatkan adanya korelasi positif dengan nilai koefisien korelasi menjadi $r = 0,813$, kemudian untuk data yang telah difilter 12 bulan (Gambar 7.c) juga diperoleh korelasi positif dengan nilai koefisien korelasi $r = 0,855$. Hasil ini memberikan

indikasi bahwa jika terjadi penguatan anomali SPL negatif (fasa La Niña) maka akan terjadi penguatan transpor volume ke selatan (Laut Jawa).

Variabilitas transpor volume di Selat Makassar pada fasa La Niña 1998 (Juni 1998 – Desember 1998) juga dipengaruhi oleh Monsun, sejauh mana Monsun berpengaruh pada transpor volume dapat dilihat pada nilai koefisien korelasi antara keduanya. Setelah dianalisis diperoleh nilai koefisien korelasi $r = 0,48$ ini untuk data yang belum difilter (Gambar 7.a).

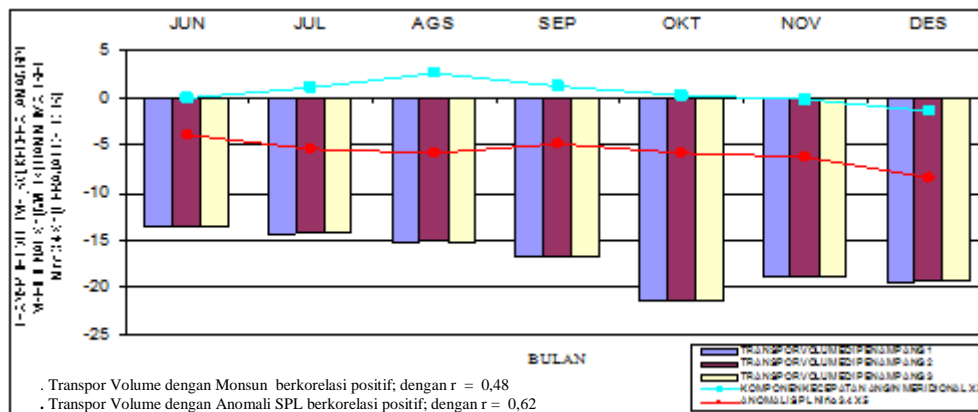
Pada data yang difilter 6 bulan (Gambar 7.b) memperlihatkan adanya korelasi positif dengan nilai koefisien korelasi $r = 0,195$, sementara untuk data yang telah difilter 12 bulan (Gambar 7.c) juga diperoleh korelasi negatif dengan nilai koefisien korelasi $r = -0,334$

Selain mencari hubungan antara variabel transpor volume dengan monsun dan ENSO juga dihitung berapa besar transpor volume maksimum, transpor minimum dan transpor volume rata-rata selama tahun La Niña 1998 di Selat Makassar. Untuk data yang belum difilter (Gambar 6.a), transpor volume maksimum terjadi pada bulan Oktober 1998 dengan besar transpor volume 21,42 Sv (rata-rata 3 penampang), sedangkan transpor volume mencapai minimum terjadi pada bulan Juni 1998 dengan besar transpor volume 13,65 Sv, dengan transpor volume rata-rata selama kejadian La Niña 1998 sebesar 17,1 Sv, sedangkan untuk data yang telah difilter selama 6 bulan (Gambar 6.b) transpor volume maksimum terjadi pada bulan Oktober 1998 dengan besar 17,63 Sv, transpor volume minimum terjadi pada bulan Juni 1998 dengan besar 11,1 Sv dan transpor volume rata-rata selama fasa La Niña 1998 sebesar 14,75 Sv.

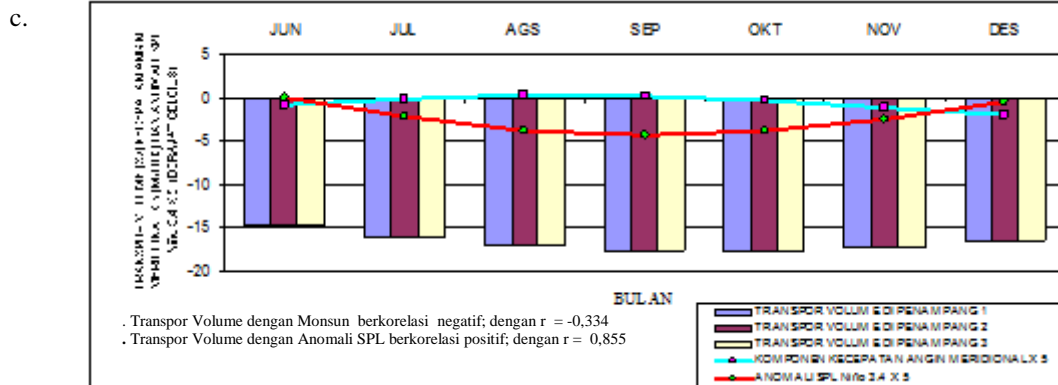
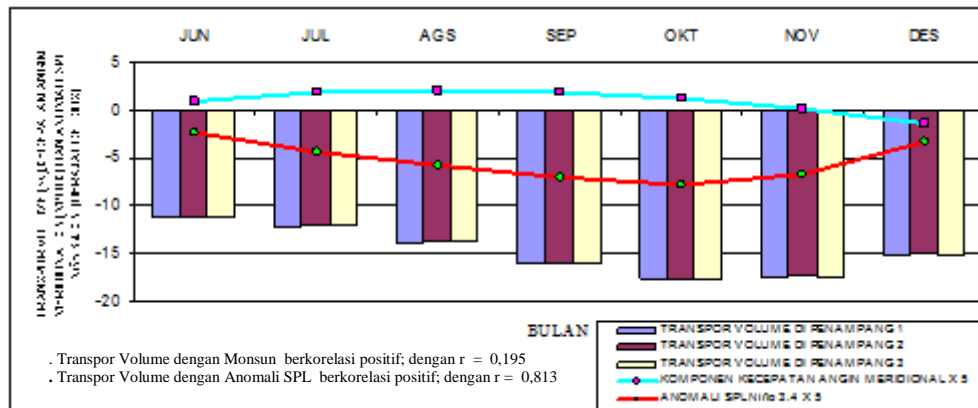
Data selain difilter 6 bulan, juga difilter 12 bulann (Gambar 6.c) dengan nilai transpor maksimum 17,76 Sv pada bulan Oktober 1998, minimum pada bulan Juni 1998 sebesar 14,88 Sv dengan transpor rata-rata selama tahun La Niña 1998 sebesar 16,79 Sv.

Kesimpulan yang dapat ditarik dari deskripsi diatas adalah bahwa variabilitas transpor volume di Selat Makassar akibat interaksi ENSO dan Monsun tahun kejadian La Niña adalah pengaruh ENSO sangat dominan dibanding monsun terhadap transpor volume pada tahun La Niña. Hal ini ditunjukkan dari korelasi positif anomali SPL di Nino3.4 dibanding kecepatan angin meridional dengan transpor volume di Selat Makassar.

a.



b.



Gambar 7
 Hubungan Transport Volume, Komponen Kecepatan Angin Meridional,
 dan Anomali SPL Niño3.4 pada Tahun La Niña1998
 (a) tanpa filter (b) filter 6 bulan (c) filter 12 bulan

Keterangan:

- Nilai negatif artinya Transport Volume dan Kecepatan Angin bergerak ke arah Selatan (**Laut Jawa**), bernilai positif jika ke arah Utara (**Samudera Pasifik**).

5. Kesimpulan

1. Pada tahun El Niño 1982-1983 variasi transport volume rata-rata di Selat Makassar 6,74 Sv, sedangkan pada tahun La Niña 1998 transport volume rata-rata yang mengalir di Selat Makassar sebesar 17,1 Sv.
2. Transport volume sepanjang tahun El Niño dan La Niña mengarah ke selatan
3. Nilai maksimum transport volume Arlindo pada Tahun La Niña 1998 terjadi pada bulan Oktober 1998 (17,76 Sv) dan minimum pada bulan Juni 1998 (14,88 Sv), sedangkan pada tahun El Niño 1982-1983, nilai maksimum terjadi pada bulan Mei 1983 (8,78 Sv) dan minimumnya pada bulan Oktober 1982 (5,45 Sv).
4. Pengaruh Monsun sangat signifikan pada daerah permukaan sampai kedalaman 10 meter, di kedalaman lebih dari 10 meter pengaruh ENSO sangat dominan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Godfrey, J.S., (1996), "The effect of Indonesian throughflow on ocean Circulation and heatexchange with the atmosphere", A Review, *Journal of Geophysical Research*, ol.101,No.C5,hal. 12271-12238
- [2] Gordon, A. L., Susanto, (1999), *Arlindo Current Meter Mooring*, <http://cmdac.oce.orst.edu/>
- [3] Gordon, A. L., Susanto, R.D., Ffield, A., Pillsbury, D., (1998), "Makassar Strait Transport :preliminary result from Mak-1 and Mak-2", *International WOCE Newsletter* 33, hal.30-32.
- [4] Mahie, A.G., (2005), *Analisis Variabilitas Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) di Selat Makassar*, Tesis Magister, Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Ilmu Kebumihan dan teknologi Mineral, ITB.
- [5] Mardiansyah, W., (2003), *Analisis Dinamika Massa Air Arus Lintas Indonesia di Perairan Indonesia Bagian Timur*, Tesis Magister, Departemen GM, ITB.
- [6] Mandang, I., (2002), *Model numerik tiga dimensi barotropik arlindo di perairan Indonesia dan sekitarnya*, Tesis Magister, Departemen GM, ITB
- [7] Mellor, G. L., (1998), *Users Guide for a three-dimensional, primitive equation, numerical ocean model*, Revision July 1998, Princeton University, Princeton.
- [8] Meyers, G., (1996), "Variation of Indonesian throughflow and the El Niño-Southern Oscillation", *Journal of Geophysical Research*, Vol.101, No.C5,hal. 12255-12263.
- [9] Ningsih, N., S., (2000), *Three-dimensional Model for Coastal Ocean Circulation and Sea Floor Topography Change; aplication to the Java Sea*, Doctoral Thesis in Engineering, Civil Engineering, Kyoto University, Japan
- [10] Sprintall, J., Gordon, A., Molcard, R., Ilahude, G., Bray, N., Teresa Chereskin, Cresswell, G., Feng, M., Ffield, A, Fieux, M., Hautala, S., Luick, J., Meyers, G, Potemra, J., Dwi Susanto, D., Wijffels, S., (2000), "The Indonesian Throughflow: Past, Present and Future Monitoring", *J. Geophys. Res.*, **105**, 17217-17230
- [11] Sudjono, E.H, (2004), *Studi Variabilitas Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) di Indonesia* , Tesis Magister, Departemen GM, ITB.
- [12] Wyrтки, K. A., (1961), Naga report Vol. 2, *Scientific Results of Marine Investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand 1959 – 1961*, The University of California, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California.