

PENGARUH ANGIN MUSIM TERHADAP TRANSPORT ARUS LINTAS INDONESIA

EFFECT OF SEASON WIND ON THE INDONESIA THROUGHFLOW TRANSPORT

Martono

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)

Jl Dr Djundjuran No 133 Bandung 40173

Pos-el: mar_lapan@yahoo.com

ABSTRACT

Indonesian Throughflow is movement of water mass from the western Pacific Ocean into the eastern Indian Ocean through several Indonesian waters. This research was conducted to understand the effect of season wind to transport of Indonesian Throughflow at Lombok Strait, Ombai Strait and the Timor Passage. The data used consists of transport of Indonesian Throughflow and surface wind from 2004-2006. The method used is descriptive analysis. The results showed that throughout the year transport of Indonesian Throughflow moved from the western Pacific Ocean into the eastern Indian Ocean. Monthly variations of transport of Indonesian Throughflow at Lombok Strait, Ombai Strait and Timor Passage was affected by season wind. Transport of Indonesian Throughflow at Lombok Strait strong occurred during east season, at Ombai Strait during east season and west season, and at Timor Passage during first transition season and east season. There are pattern similarities transport of Indonesian Throughflow at 0-300 meters depth with 0-1200 meters at Ombai Strait and at 0-1890 meters at Timor Passage.

Keywords: effect, season wind, transport, Indonesian Throughflow

ABSTRAK

Arus Lintas Indonesia adalah pergerakan massa air dari Samudera Pasifik barat menuju Samudera Hindia timur melalui beberapa wilayah perairan Indonesia. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh angin musim terhadap transpor Arus Lintas Indonesia di Selat Lombok, Selat Ombai dan Celah Timor. Data yang digunakan terdiri dari transpor Arus Lintas Indonesia dan angin permukaan dari tahun 2004-2006. Metode yang digunakan adalah analisis deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sepanjang tahun transpor Arlindo bergerak dari Samudera Pasifik barat menuju Samudera Hindia timur. Variasi bulanan transpor Arus Lintas Indonesia di Selat Lombok, Selat Ombai dan Celah Timor dipengaruhi oleh angin musim. Di Selat Lombok transpor Arus Lintas Indonesia kuat terjadi pada musim timur, di Selat Ombai pada musim timur dan musim barat, dan di Celah Timor terjadi pada musim peralihan pertama dan musim timur. Terdapat persamaan pola transpor Arlindo di kedalaman 0-300 meter dengan 0-1200 meter di Selat Ombai dan 0-1890 meter di Celah Timor.

Kata kunci : pengaruh, angin musim, transpor, arus lintas indonesia

PENDAHULUAN

Perairan Samudera Pasifik tropis barat yang dikenal sebagai kolam panas (*Warm pool*) diketahui mempunyai peranan penting dalam sistem iklim global.¹ Pengaruh angin pasat di samudera Pasifik tropis menyebabkan terjadi perbedaan tinggi muka laut antara samudera Pasifik barat dengan samudera Hindia timur.

Sekitar 16 cm rata-rata perbedaan tinggi muka antara samudera Pasifik barat yang diukur di Davao Filipina dengan samudera Hindia timur yang diukur di Darwin Australia.² Akibat tinggi muka Samudera Pasifik barat lebih tinggi daripada samudera Hindia timur maka terjadi aliran massa air dari Samudera Pasifik barat ke Samudera Hindia timur melalui beberapa wilayah

perairan Indonesia dan dikenal dengan nama Arus Lintas Indonesia disingkat Arlindo.³

Arlindo memasuki wilayah perairan Indonesia melalui dua jalur utama yaitu jalur barat dan jalur timur. Pintu masuk jalur barat adalah Laut Sulawesi dan jalur timur adalah Laut Maluku dan Laut Halmahera. Setelah melewati Laut Sulawesi, Laut Maluku dan Laut Halmahera, Arlindo bergerak menuju Samudera Hindia timur melalui Selat Makasar, Selat Lombok, Selat Ombai dan Celah Timor.

Sumber utama massa air Arlindo berasal dari Samudera Pasifik utara dan Samudera Pasifik selatan. Massa air dari Samudera Pasifik utara masuk melalui Laut Sulawesi, sedangkan massa

air dari Samudera Pasifik selatan masuk melalui Laut Maluku dan Laut Halmahera.

Arlindo mendapat perhatian yang besar dari para peneliti oseanografi maupun peneliti meteorologi karena mempunyai dampak terhadap aspek laut maupun aspek atmosfer. Dalam aspek laut, Arlindo merupakan bagian penting dalam sirkulasi samudera dunia dalam penghantaran panas⁴ dan menjadi elemen penting dalam menjaga kesetimbangan sirkulasi, panas dan air salinitas rendah (*freshwater*).⁵⁻⁶

Arlindo mempengaruhi variabilitas musiman kedalaman termoklin dan suhu permukaan laut perairan Samudera Pasifik dan Samudera Hindia, serta melemahkan sistem Arus Ekuator Selatan Samudera Hindia dan sistem Arus Agulhas, tetapi memperkuat Arus Australia Timur.⁷ Arlindo juga merupakan bagian penting dalam sistem arus termohalin global.⁸ Sementara itu, dalam aspek atmosfer transpor Arlindo mempengaruhi iklim global terutama iklim tropis melalui telekoneksi dan kopleng laut dan atmosfer.⁹⁻¹⁰

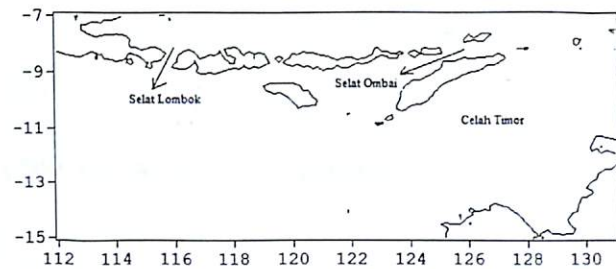
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh angin musim terhadap variasi bulanan transpor Arlindo di perairan selat Lombok, selat Ombai dan celah Timor.

METODOLOGI

Lokasi dan Data

Lokasi penelitian adalah selat Lombok, selat Ombai dan celah Timor seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Data yang digunakan terdiri dari transpor Arlindo di perairan selat Lombok, selat Ombai dan celah Timor dan angin permukaan bulanan di utara Papua, Laut Jawa-Banda dan perairan selatan Jawa-Laut Timor dari tahun 2004-2006.

Kedalaman transport Arlindo di selat Lombok dari 0-300 meter, di selat Ombai dari 0-300 meter dan 0-1200 meter, dan di celah Timor dari 0-300 meter dan 0-1890 meter. Data transport Arlindo bulan diperoleh dari.¹¹ Data angin permukaan terdiri dari komponen zonal dan meridional yang diperoleh dari *Physical Oceanography Distributed Active Center - National Aeronautics and Space Administration (PODAAC-NASA)* dengan alamat *website* <http://podaac.jpl.nasa.gov>.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian selat Lombok, selat Ombai dan celah Timor

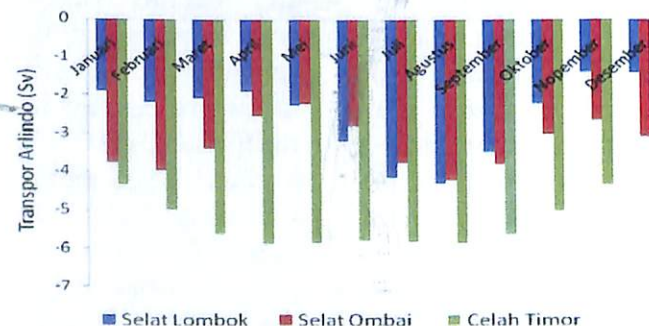
Pengolahan Data

Pengolahan data menggunakan metode statistik. Vektor angin rata-rata bulanan diolah dengan menggunakan *software Transform*. Analisis transpor Arlindo dilakukan dari 0-300 meter di selat Lombok, dari 0-300 meter dan 0-1200 meter di selat Ombai dan dari 0-300 meter dan 0-1890 meter di celah Timor. Metode yang digunakan adalah analisis deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

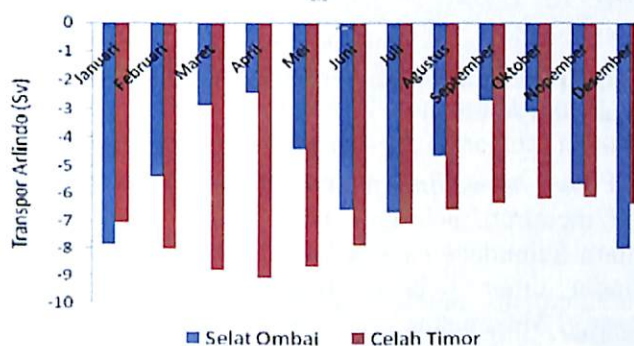
Variasi rata-rata bulanan transpor Arlindo dari kedalaman 0-300 meter di perairan selat Lombok, selat Ombai dan celah Timor diperlihatkan pada Gambar 2. Transpor Arlindo di selat Lombok berkisar antara -1,39 s/d -4,29 Sv (1 Sv = 1 Sverdrup = 10^6 m³/s), di selat Ombai antara -2,23 s/d -4,22 Sv dan di celah Timor antar -4,03 s/d -5,86 Sv. Tanda negatif (-) menyatakan aliran transpor Arlindo menuju Samudera Hindia.

Nilai tinggi di selat Lombok terjadi antara bulan Juni-September, di selat Ombai terjadi antara bulan Januari-Maret dan Juli-September serta di celah Timor terjadi antara bulan Maret-September. Nilai maksimum musiman transpor Arlindo di selat Lombok, selat Ombai dan celah Timor terjadi pada musim timur (Juni-Agustus), sedangkan nilai minimum di selat Lombok dan celah Timor terjadi pada saat musim barat (Desember-Februari) dan di selat Ombai terjadi pada musim peralihan pertama (Maret-Mei).



Gambar 2. Variasi rata-rata bulanan transpor Arlindo pada kedalaman 0-300 meter

Variasi rata-rata bulanan transpor Arlindo dari kedalaman 0-1200 meter di perairan selat Ombai dan 0-1890 meter di celah Timor diperlihatkan pada Gambar 3. Kisaran nilai transpor arlindo di selat Ombai antara -2,46 s/d -7,99 Sv dan di celah Timor antara -6,13 s/d -9,07 Sv. Di selat Ombai nilai transpor Arlindo tinggi terjadi antara bulan Desember-Januari dan Juni-Juli serta di celah Timor antara bulan Maret-Mei. Nilai rendah di selat Ombai terjadi antara bulan Maret-Mei dan September-Oktober. Rata-rata musiman nilai maksimum di selat Ombai terjadi pada musim barat dan di celah Timor pada musim peralihan pertama.



Gambar 3. Variasi rata-rata bulanan transpor Arlindo pada kedalaman 0-1200 meter dan 0-1890 meter

Berdasarkan hasil pengolahan data diketahui bahwa sepanjang tahun dari 2004-2006 transpor Arlindo di Selat Lombok, Selat Ombai dan Celah Timor bergerak dari Samudera Pasifik barat menuju Samudera Hindia timur belahan bumi selatan yang ditunjukkan dengan nilai negatif (-). Hal ini menunjukkan bahwa sepanjang tahun tinggi muka laut Samudera Pasifik barat lebih tinggi daripada Samudera Hindia timur belahan bumi selatan.

Oleh karena itu, diketahui bahwa faktor utama pembangkit transpor Arlindo adalah angin pasat timur laut dan angin pasat tenggara di Samudera Pasifik tropis bagian tengah hingga timur dan angin pasat tenggara di Samudera Hindia belahan bumi selatan. Kedua angin pasat ini sepanjang tahun bergerak ke barat laut dan barat daya.¹²

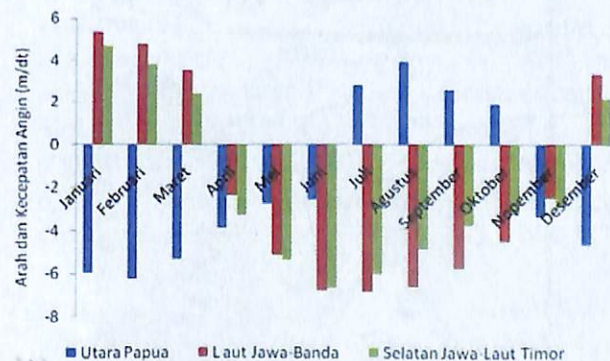
Akibat stres angin pasat timur laut dan pasat tenggara massa air permukaan terdorong bergerak ke barat menuju Samudera Pasifik barat. Dalam kondisi normal yaitu tidak terjadi peristiwa *El Niño* dan *La Niña* proses ini berlangsung secara terus menerus, sehingga terjadi penumpukan massa air di Samudera Pasifik barat.

Sementara itu, stres angin pasat tenggara di Samudera Hindia timur belahan bumi selatan membangkitkan arus ekuator selatan yang sepanjang tahun bergerak ke barat dan barat laut.

Kondisi ini menyebabkan tinggi muka laut di Samudera Hindia timur belahan bumi selatan menjadi rendah. Mekanisme ini berlangsung secara terus menerus, sehingga tinggi muka laut di Samudera Hindia Timur belahan bumi selatan lebih rendah daripada bagian barat Samudera Pasifik.

Meskipun sepanjang tahun transpor Arlindo di Selat Lombok, Selat Ombai dan Celah Timor bergerak dari Samudera Pasifik barat menuju Samudera Hindia timur belahan bumi selatan, namun memiliki variasi bulanan yang tinggi. Variasi bulanan ini disebabkan akibat pengaruh stres dari sistem angin musim yang berkembang di atas wilayah perairan Indonesia baik musim barat (monsun Asia) dan musim timur (monsun Australia) seperti diperlihatkan pada Gambar 4.

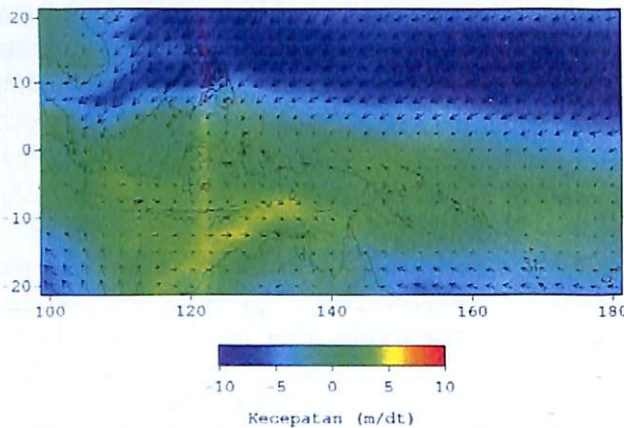
Gambar 3 menunjukkan variasi bulanan angin permukaan di atas perairan utara Papua (0° - 15° LU dan 125° - 150° BT), Laut Jawa-Laut Banda ($2,5^{\circ}$ - $7,5^{\circ}$ LS dan 110° - 130° BT) dan perairan selatan Jawa-Laut Timor (8° - 15° LS dan 110° - 130° BT). Di utara perairan Papua tanda negatif menunjukkan angin bergerak ke barat dan selatan, tanda positif menunjukkan angin bergerak utara dan timur. Tanda positif di Laut Jawa-Laut Banda dan perairan selatan Jawa-Laut Timor menunjukkan angin bergerak timur, dan negatif ke barat.



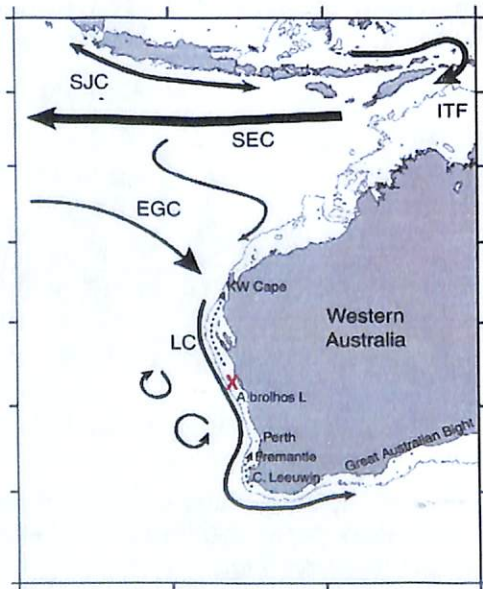
Gambar 4. Variasi rata-rata bulanan angin permukaan di atas perairan utara Papua, laut Jawa-laut Banda dan perairan selatan Jawa-laut Timor

Di Selat Lombok transpor Arlindo tinggi terjadi pada saat musim timur dan rendah pada saat musim barat. Pada saat musim barat angin permukaan di atas utara Papua bergerak ke barat dan selatan, di atas Laut Jawa-Laut Banda dan selatan Jawa-Laut Timor bergerak ke timur seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Stres dari angin permukaan di utara Papua menyebabkan massa air yang masuk ke wilayah perairan Indonesia semakin besar.

Namun pada saat yang bersamaan, di atas perairan selatan Pulau Jawa berkembang angin musim barat yang bergerak ke timur dan mengakibatkan terbentuknya Arus Pantai Selatan Jawa (*South Java Current*) seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Arus Pantai selatan Jawa ini bergerak ke timur di sepanjang pantai selatan Jawa hingga mencapai selatan Pulau Lombok.¹³ Transpor Arlindo yang mengalir melalui Selat Lombok mendapat tekanan yang kuat dari Arus Pantai Selatan Jawa.



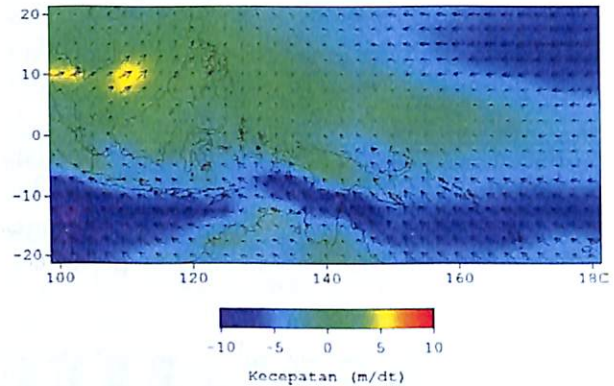
Gambar 5. Sirkulasi arus permukaan pada saat musim barat (Desember-Februari)



Gambar 6. Sirkulasi arus permukaan perairan selatan Pulau Jawa (sumber:nature.com).

Sebaliknya, pada saat musim timur di perairan selatan Pulau Jawa hingga Pulau Sumba bertiup dengan kuat angin pasat tenggara seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Pada saat musim timur Arus Pantai Selatan Jawa tidak terbentuk, sehingga transpor Arlindo tidak mendapat tekanan dari arus ini. Transfer momentum stres

angin pasat tenggara terhadap permukaan laut menyebabkan terjadinya proses *upwelling* di sepanjang pantai selatan Pulau Jawa hingga Pulau Sumba.



Gambar 7. Sirkulasi arus permukaan pada saat musim timur (Juni-Agustus)

Proses *upwelling* menyebabkan tinggi muka laut menurun, sehingga beda tinggi muka laut antara Samudera Pasifik barat dengan Samudera Hindia timur belahan bumi selatan semakin besar. Mekanisme ini yang menyebabkan transpor Arlindo di Selat Lombok mencapai maksimum terjadi pada saat musim timur (Juni-Agustus) dan minimum terjadi pada saat musim barat (Desember-Februari).

Di Celah Timor transpor Arlindo tinggi terjadi pada saat musim peralihan pertama dan musim timur, serta rendah terjadi pada saat musim barat dan musim peralihan kedua. Pada saat musim peralihan pertama dan musim timur di atas perairan selatan Jawa hingga Laut Timor berkembang angin pasat tenggara dan angin musim timur yang bergerak ke barat. Stres angin ini menyebabkan arus ekuator selatan di Samudera Hindia yang bergerak ke barat juga semakin kuat.

Kondisi ini menyebabkan perbedaan tinggi muka laut di Samudera Hindia timur belahan bumi selatan dengan Samudera Pasifik barat semakin besar. Sebaliknya, pada saat musim barat, angin permukaan di atas perairan tersebut bergerak ke timur dan terbentuk Arus Pantai Selatan Jawa sehingga memberi tekanan yang kuat terhadap transpor Arlindo.

Kondisi berbeda terjadi di Selat Ombai dimana transpor Arlindo tinggi terjadi pada saat musim barat dan musim timur, serta rendah terjadi pada saat musim peralihan pertama dan musim peralihan kedua. Mekanisme pada saat musim timur sama dengan yang terjadi di Selat Lombok dan Celah Timor yaitu pengaruh kuat dari angin musim timur dan angin pasat tenggara di Samudera Hindia belahan bumi selatan.

Namun, mekanisme yang menyebabkan transpor Arlindo tinggi pada saat musim barat belum diketahui. Untuk dapat mengetahui mekanisme ini perlu dilakukan pengkajian lebih komprehensif. Transpor Arlindo dari permukaan sampai kedalaman 1200 dan 1890 di Selat Ombai dan Celah Timor menunjukkan pola yang sama dengan kedalaman 0-300 meter.

Hasil penelitian ini menunjukkan hasil yang sama dengan beberapa peneliti yang lain. Transpor Arlindo menguat pada saat musim dingin di belahan bumi selatan dan melemah pada saat musim panas di belahan bumi selatan.¹⁴ Pada saat musim panas di belahan bumi utara transpor Arlindo mencapai $-13,9 \pm 1,3$ Sv dan minimum mencapai sekitar $-7,5 \pm 1,1$ Sv terjadi pada saat musim dingin di belahan bumi utara.¹⁵ Transpor Arlindo di Celah Timor mencapai $-0,34$ Sv selama musim timur dan $-0,27$ selama musim barat.¹⁶

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa angin musim mempengaruhi variasi bulanan transpor Arlindo di Selat Lombok, Selat Ombai dan Celah Timor. Angin musim timur memperkuat transpor Arlindo di Selat Lombok, Selat Ombai dan Celah Timor, tetapi angin musim barat melemahkan transpor Arlindo di Selat Lombok, Selat Ombai dan Celah Timor. Transpor Arlindo dari 0-300 meter di Selat Lombok tinggi pada saat musim timur dan rendah pada saat musim barat, di Celah Timor tinggi pada saat musim peralihan pertama dan musim timur dan rendah pada saat barat dan peralihan kedua, di Selat Ombai tinggi pada saat musim barat dan musim timur dan rendah pada saat musim peralihan pertama dan kedua. Transpor Arlindo di kedalaman 0-1200 meter di Selat Ombai dan 0-1890 meter di Celah Timor menunjukkan pola yang sama dengan kedalaman 0-300 meter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Nurzaman Adikusumah, M.Si telah memberikan masukan dan bimbingan selama penulisan KTI. Sprintall dkk dan PODAAC NASA untuk penyediaan data transpor Arlindo dan angin.

Daftar Pustaka

¹Potemra, J. T., 2005. *Indonesian Throughflow Transport Variability Estimated from Satellite Altimetry*. Oceanography, Vol. 18, No. 4.

- ²Wyrski, K., 1987. *Indonesian through flow and the associated pressure gradient*. *J. Geophys. Res. Oceans*, 92(C12), p:12941-12946.
- ³Hasanudin, M., 1998. *Arus Lintas Indonesia (Arlindo)*. Oseana, Volume XXIII, Nomor 2, p:1-8.
- ⁴Illahude, A.G., Nontji A., 1999. *Oseanografi Indonseia dan Perubahan iklim Global (El Niño dan La Niña)*. Lokakarya Kita dan Perubahan Iklim Global : Kasus El Niño – La Niña, Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta, 18-19 Mei 1999.
- ⁵Hautala, S. L., Sprintall, J., Potemra, J. T., Chong, J. C., Pandoe, W., Bray, Nan., Illahude, A. G., 2001. *Velocity structure and transport of the Indonesian Throughflow in the major straits restricting flow into the Indian Ocean*. *Journal Of Geophysical Research*, Vol. 106, No. C9, p:19,527–19,546.
- ⁶Gordon, A. L., Susanto, R. D., Ffield, A., Huber, B. A., Pranowo, W., Wirasantosa, S., 2008. *Makasar Strait Throughflow 2004 to 2006*. *Geophysical Research Letters*, Vol. 35, L24605.
- ⁷Lee, T., Fukumori, I., Menemenlis, D., Xing, Z., Fu, L-L., 2002. *Effects of the Indonesian Throughflow on the Pacific and Indian Oceans*. *Journal Of Physical Oceanography*, Volume 32, p:1404-1429.
- ⁸Shinoda, T., Han, W., Metzger, E. J., and Hurlbur, H. E., 2012. *Seasonal Variation of the Indonesian Throughflow in Makasar Strait*. *Journal of Physical Oceanography*, Volume 42, p:1099-1123.
- ⁷Lebedev, K. V., Yaremchuk, M. I., 2000. *A Diagnostic Study of the Indonesia Throughflow*. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 105, No. C5, p:11243-11258.
- ⁹Schneider, N., 1998. *The Indonesian Throughflow and the Global Climate System*. *J. Climate*, 11, p:676-689.
- ¹⁰Vranesa, K., Gordon, A. L., Ffield, A., 2002. *The heat transport of the Indonesian Throughflow and implications for the Indian Ocean heat budget*. *Deep-Sea Research II* 49, p:1391–1410.
- ¹¹Sprintall, J., Wijffels, S. E., Molcard, R., Jaya, I., 2009. *Direct estimates of the Indonesian Throughflow entering the Indian Ocean: 2004–2006*. *Journal Of Geophysical Research*, Vol. 114, C07001, p:1-19.
- ¹²Barry, R. G., Chorley, R. J., 2003. *Atmosphere, Weather and Climate*. Routledge, London.
- ¹³Nontji, A., 1987. *Laut Nusantara*. Djambatan, Jakarta.

- ¹⁴Liu, Y., Feng, M., Church, J., Wang, D., 2005. *Effect of Salinity on Estimating Geostrophic Transport of the Indonesian Throughflow along IX1 XBT Section*. Journal of Oceanography, Vol. 61, p.795-801.
- ¹⁵Lebedev, K. V., Yaremchuk, M. I., 2000. *A Diagnostic Study of the Indonesia Throughflow*. Journal of Geophysical Research, Vol. 105, No. C5, p:11243-11258.
- ¹⁶Safitri, M., Cahyarini, S.Y., Putri, M.R., 2012. *Variasi Arus Arlindo dan Parameter Oseanografi di Laut Timor Sebagai Indikasi Kejadian Enso*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 4, No. 2, Hlm. 369-377.