

KARAKTER DAN PERGERAKAN MASSA AIR DI SELAT LOMBOK BULAN JANUARI 2004 DAN JUNI 2005

(Characteristics and Circulation of Water Mass
at Lombok Strait in January 2004 and June 2005)

Mulia Purba¹ dan Iriana N. Utami²

ABSTRAK

Data CTD pada Januari 2004 dan Juni 2005 dan data ADCP pada Juni 2005 hasil ekspedisi oseanografi program INSTANT (*International Nusantara Stratification and Transport*) di Selat Lombok dianalisis untuk mempelajari karakter dan pergerakan massa air. Karakter massa air pada lapisan permukaan dan massa air *Northern Subtropical Lower Water* (NSLW) pada lapisan termoklin memperlihatkan perbedaan yang jelas antara kedua pengukuran yang diperkirakan berkaitan dengan perubahan karakter dan pergerakan massa air di Laut Jawa dan Laut Flores. Akan tetapi karakter massa air *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) dan massa air lapisan dalam tidak jauh berbeda. Arus geostropik yang ditentukan dari perbedaan kedalaman dinamik dari dua stasiun yang berdekatan menghasilkan variasi kecepatan yang terlalu besar dan kecepatan yang terlalu tinggi bila dibandingkan dengan kecepatan arus yang diukur secara langsung dengan ADCP. Kehilangannya jarak antar stasiun yang terlalu dekat (kurang dari 9 km) menyebabkan kecepatan arus yang tidak akurat.

Kata kunci: karakter massa air, arus geostropik.

ABSTRACT

Data from CTD casts during INSTANT (*International Nusantara Stratification and Transport*) cruises in January 2004 and June 2005 and ADCP cast in June 2005 are analysed to evaluate physical characteristics and movement of water masses in Lombok Strait. Sea water characteristics show clear difference between two measurements especially in the surface layer and *Northern Subtropical Lower Water* (NSLW) in thermocline layer which probably related to seasonal properties variation and local dynamics. However, *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) and deep water mass do not vary. Water movement determined with geostrophic method resulted in very high variations and extremely high speed compared to those measured directly with ADCP. It seems that the distance between two neighboured stations is too closed (less than 9 km) which made the current speed inaccurate.

Keywords: water mass characteristics, geostrophic current.

PENDAHULUAN

Selat Lombok yang terletak di antara Pulau Bali dan Pulau Lombok menghubungkan Laut Flores bagian barat di utara dengan Samudera India di selatan. Selat ini mempunyai lebar sekitar 30 km dengan kedalaman sekitar 800 – 1000 m di bagian utara dan tengah. Pada bagian selatan yang merupakan pintu keluar ke Samudera India, lebar selat menyempit menjadi sekitar 18 km karena adanya P. Nusa Penida dengan bagian terdalam hanya sekitar 250 m yang menjadi penghubung utama aliran lapisan dalam dari utara ke selatan sehingga disebut am-

bang (*sill*). Selat yang terbentuk antara P. Bali dan P. Nusa Penida yang disebut Selat Badung bahkan lebih dangkal dengan kedalaman sekitar 60 m.

Selat Lombok mempunyai peran penting dalam dinamika pergerakan massa air dari Samudera Pasifik tropis barat ke Samudera India tropis timur. Pergerakan massa air ini dikenal dengan Arus Lintas Indonesia (Arlindo) (Murray and Arief, 1988, Field and Gordon, 1992). Salah satu pintu keluar Arlindo menuju Samudera India adalah melalui Selat Lombok. Lintasan melalui Selat Lombok ini merupakan salah satu cabang menuju Samudera India dari lintasan Arlindo melalui Selat Makasar yang disebut juga sebagai lintasan barat atau lintasan utama. Cabang lainnya adalah melalui Laut Flores, Laut Banda, Selat Ombai ataupun Laut Ti-

¹ Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

² Alumnus Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

mor yang kemudian memasuki Samudera India (Field and Gordon, 1992).

Karakter massa air Samudera Pasifik yang mengalir bersama Arlindo dan masuk ke Selat Lombok dipengaruhi oleh pergerakan dan karakter massa air di perairan Indonesia. Pada Musim Barat, sebagian massa air dari Laut Jawa dengan suhu tinggi dan salinitas rendah bergerak ke timur dan sebagian ada yang berbelok memasuki Selat Lombok, sementara saat Musim Timur massa air dari Laut Flores dengan suhu lebih rendah dan salinitas lebih tinggi bergerak ke barat dan sebagian memasuki Selat Lombok (Wyrtki, 1961). Volume transpor massa air ini berfluktuasi secara musiman sebagai akibat perubahan pola Angin Muson yang bertiup di wilayah ini.

Volume transpor massa air Arlindo juga berfluktuasi secara tahunan (Murray and Arief, 1988, Gordon *et al.*, 1999, Purba dan Atmadi-poera, 2005). Variasi tahunan berkaitan dengan perbedaan ketinggian muka air antara Samudera Pasifik tropis barat dengan Samudera India tropis timur (selatan Pulau Jawa – Pulau Lombok). Beda ketinggian muka air ini mencapai maksimum pada Musim Timur sehingga volume transpor Arlindo juga mencapai maksimum. Pada Musim Barat beda ketinggian muka air ini mencapai minimum sehingga volume Arlindo juga minimum. Variasi antar tahunan transpor Arlindo terjadi akibat pengaruh fenomena *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) di Samudera Pasifik tropis, fenomena *Indian Ocean Dipole Mode* (IOMD) di Samudera India tropis dimana saat fenomena ini terjadi aliran Arlindo mengalami penguatan (Clarke and Liu, 1993; Sprintall *et al.*, 1999 dan Field and Gordon, 1992).

Dalam skala waktu semusim aliran di Selat Lombok berbalik ke utara saat tibanya gelombang Kelvin yang terbentuk di tropis Samudera India yang kemudian merambat sepanjang pantai selatan Pulau Jawa dan memperkuat Arus Pantai Jawa (Quadfasel and Cresswell, 1992; Sprintall *et al.*, 1999; Arief and Murray, 1996 dan Hautala *et al.*, 2001). Masuknya massa air dari Samudera India akan mempengaruhi karakter massa air di Selat Lombok.

Hasil-hasil studi sebelumnya menunjukkan adanya variabilitas karakter massa air di Selat Lombok. Arief (1997) memperlihatkan variabilitas musiman karakter termohalin massa a-

ir di lapisan permukaan, massa air *Northern Subtropical Lower Water* (NSCW) di lapisan termoklin dan massa air *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) di lapisan dalam perairan Selat Lombok. Penyebab variabilitas ini diduga karena pengaruh pergerakan massa air di Laut Jawa dan Laut Flores yang sebagian memasuki Selat Lombok. Tulisan ini menelaah karakter massa air dan pergerakannya di Selat Lombok dengan menganalisis data hasil ekspedisi oseanografi program *International Nusantara Stationification and Transport* (INSTANT) pada Januari 2004 dan Juni 2005.

METODOLOGI

Data

Data yang digunakan dalam studi ini adalah hasil ekspedisi program INSTANT pada Januari 2004 dan Juni 2005 di Selat Lombok (INSTANT, 2004). Pada survei Januari 2004, terdapat 6 stasiun yang terletak dalam 2 transek. Transek 1 terletak di sisi utara (St. 1 – 3) dan Transek 2 di sisi selatan (St. 4 – 6) dari Selat Lombok (Gambar 1). Pada survei Juni 2005, yang merupakan ulangan ekspedisi sebelumnya, hanya terdapat 3 stasiun (St. 7 – 9) yang terletak pada Transek 1. Kedalaman pengukuran pada transek di sisi utara berkisar antara 800 – 1090 m dan 300 – 577 m di sisi selatan.

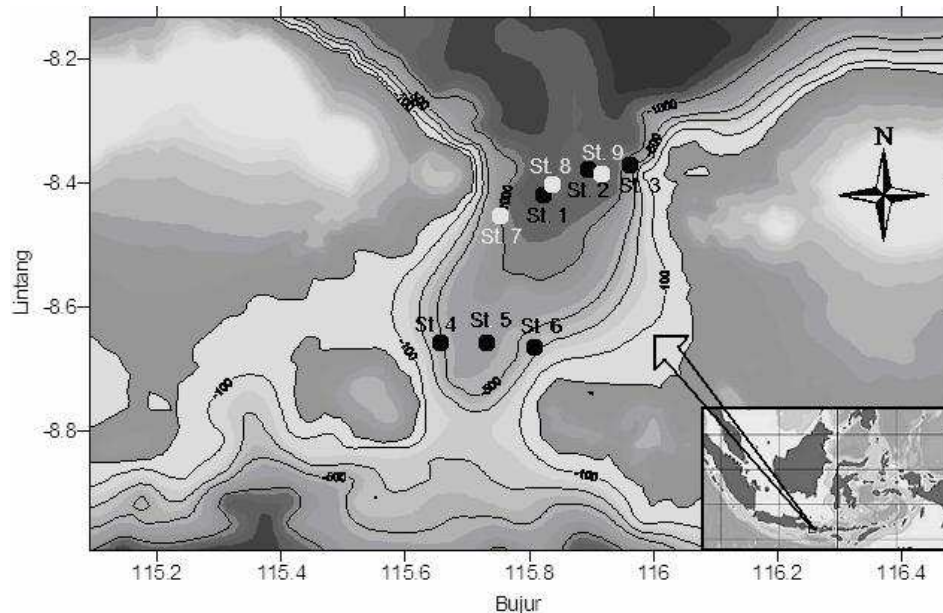
Data yang ditelaah pada studi ini terdiri dari suhu, salinitas dan kedalaman yang diperoleh pada saat ekspedisi dengan menggunakan alat CTD tipe SBE 911 Plus. Arus diukur dengan menggunakan alat ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*). Akuisisi data CTD dilakukan dengan program SEASAVE. Proses konversi dilakukan dengan program DATCNV dan perantara terhadap kedalaman dengan program BINA VG serta kemudian dikonversi menjadi bentuk ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*). Data ADCP diproses dengan perangkat lunak WINADCP dan datanya disimpan dalam file format ASCII.

Analisis Data

Data suhu dan salinitas hasil pengukuran CTD disajikan dalam bentuk sebaran menebak dan melintang pada masing-masing transek. Untuk menganalisis karakter massa air, disajikan diagram T-S. Untuk menelaah sirkulasi massa sebaran medan tekanan dilakukan anali-

sis terhadap suhu dan salinitas pada berbagai kedalaman untuk menentukan sigma-t (σ_t), anomali valume spesifik (δ) dan kedalaman dinamik dengan perangkat lunak *Ocean Data View* (ODV) (Utami, 2006). Dari sebaran melintang anomali kedalaman dinamik pada berbagai ke-

dalaman relatif terhadap paparan pada masing-masing transek, arah dan kecepatan arus geostropik dapat ditentukan. Kedalaman paparan sebagai *level of no motion* pada masing-masing transek ditetapkan berdasarkan kedalaman pengukuran minimum pada transek tersebut.



Gambar 1. Peta S. Lombok dan Lokasi Stasiun Pengukuran Data Saat Ekspedisi INSTANT 2004 dan 2005. St. 1-3 (Transek 1) dan St. 4-6 (Transek 2) adalah Lokasi Survei Januari 2004 (Hitam); St. 7-9 (Transek 2) adalah Survei Juni 2005 (Putih).

Kecepatan arus geostropik (V) antara dua stasiun yang berdekatan pada berbagai kedalaman pada setiap transek ditentukan dengan (Pond and Pickard, 1983):

$$V = \frac{10}{L2\Omega \sin \theta} [\Delta D_A - \Delta D_B]$$

dimana V adalah kecepatan arus (m/det) pada arah tegak lurus bidang dimana dua stasiun berdekatan terletak; L adalah jarak (m) antara dua stasiun, Ω adalah sudut putaran bumi ($7,29 \times 10^{-5} det^{-1}$), θ adalah lintang stasiun pengamatan dan ΔD_A dan ΔD_B adalah masing-masing kedalaman dinamik pada stasiun A dan B.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebaran suhu

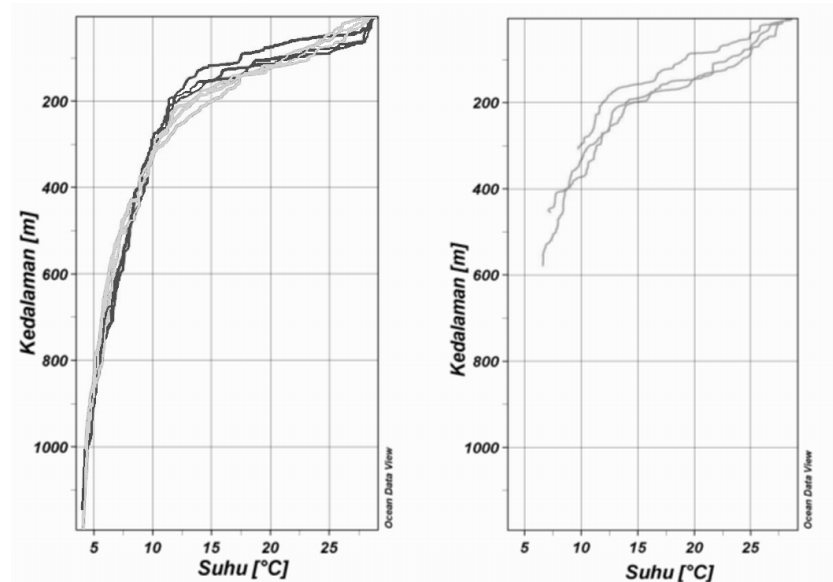
Sebaran menegak dan melintang suhu ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3. Kedua gambar memperlihatkan adanya perbedaan pola pelapisan suhu pada kedua waktu pengukuran. Dari sebaran suhu pada Januari 2004 (Musim Ba-

rat) pada kedua transek terlihat lapisan permukaan tercampur yang relatif tipis (11 - 18 m) di Transek 1 dan (7 - 10 m) di Transek 2. Sementara pada Juni 2005 (awal Musim Timur), lapisan homogen lebih tebal (32 - 64 m). Demikian juga dengan lapisan termoklin dimana terlihat lapisan termoklin lebih tebal pada Januari 2004 (dari 11 - 18 m sampai 177 - 202 m di Transek 1 dan dari 7 - 10 m sampai 170 - 207 m di Transek 2), sementara pada Juni 2005 hanya dari 32 - 64 m sampai 148 - 177 m (Transek 1). Sebaran suhu pada lapisan dalam di bawah lapisan termoklin memperlihatkan pola yang hampir sama pada kedua waktu pengukuran, terutama mulai kedalaman 400 m ke bawah (dari isothermal 9 °C ke bawah).

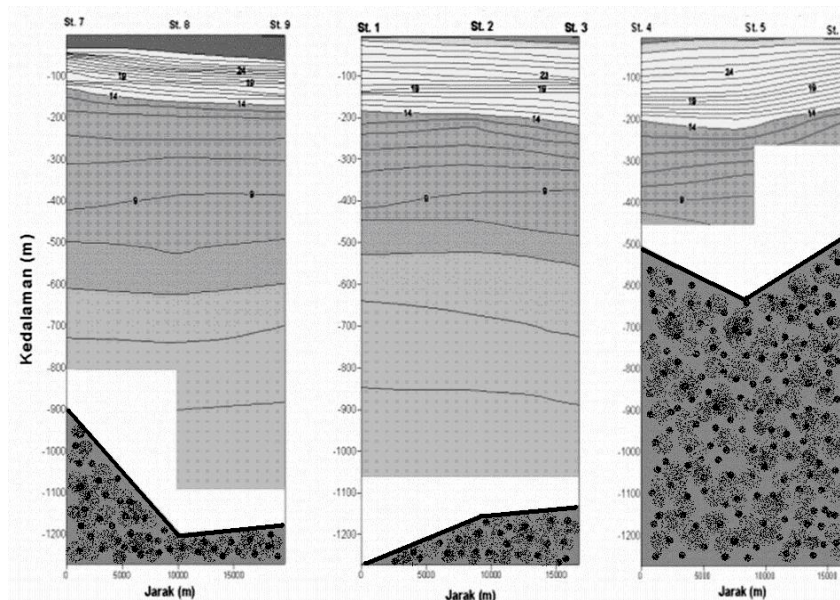
Perbedaan suhu permukaan antara kedua waktu pengamatan tidak terlalu besar yakni suhu pada Januari 2004 lebih tinggi 0,43 °C dari suhu pada Juni 2005. Namun demikian, lapisan permukaan tercampur sedikit lebih tebal dan lebih dingin pada Juni 2005. Penyebabnya diper-

kirakan karena Angin Muson Tenggara yang mulai bertiup bulan Juni lebih kuat mencampur massa lapisan permukaan dibanding Angin Muson Barat Daya yang bertiup bulan Januari di Selat Lombok. Kemungkinan lain adalah pada bulan Juni 2005 aliran ke selatan dengan membawa massa air dari Laut Flores lebih kuat di-

banding aliran bulan Januari (Wyrтки, 1961). Akibatnya, lapisan permukaan cenderung lebih tebal. Tiupan Angin Muson Tenggara yang umumnya membawa udara dingin akan mendinginkan suhu permukaan laut. Hal ini diperkirakan menjadi penyebab mengapa suhu permukaan Juni 2005 sedikit lebih dingin dibanding Januari 2004.



Gambar 2. Sebaran Menegak Suhu pada: (kiri) Transek 1: Januari 2004 (Abu-abu); Juni 2005 (Hitam); (kanan) Transek 2: Januari 2004 (Abu-abu)



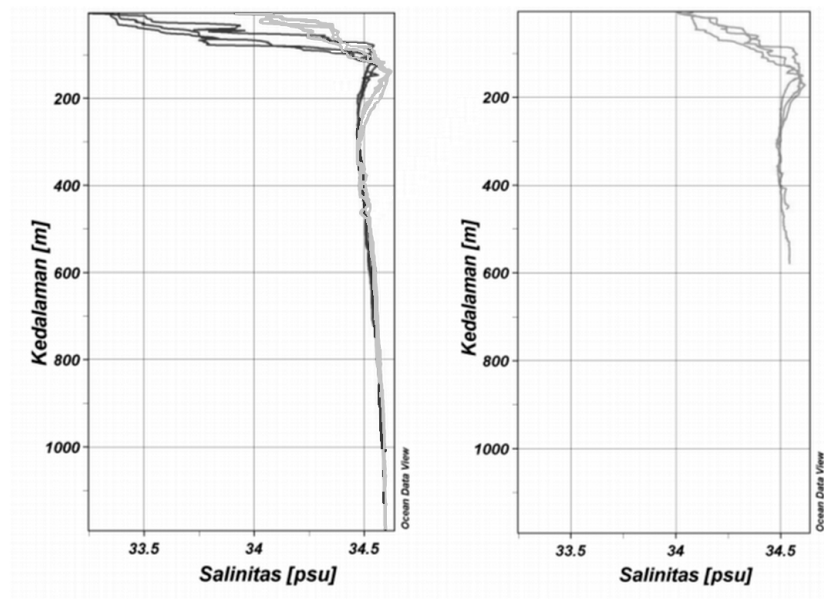
Gambar 3. Sebaran Melintang Suhu pada: (kiri) Juni 2005 (Transek 1), (tengah) Januari 2004 (Transek 1) dan (kanan) Januari 2004 (Transek 2).

Secara spasial, terlihat bahwa sebaran suhu di Transek 2 lebih heterogen dibanding Tran-

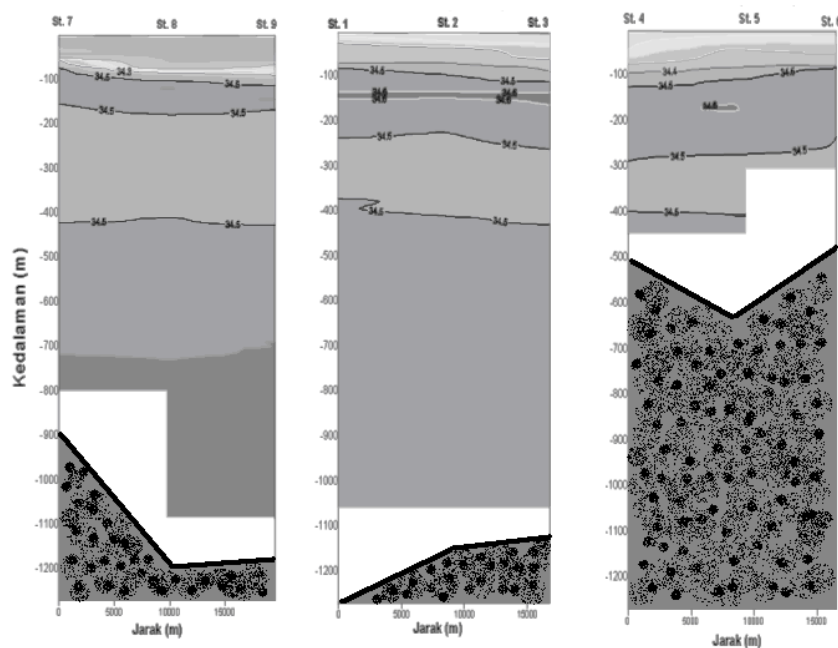
sek 1 untuk suhu yang diukur pada Januari 2004. Sebaran melintang suhu pada Transek 2 mem-

perlihatkan indikasi *upwelling* di St. 6. Secara teoritis, *upwelling* dapat terjadi bila terdapat aliran ke arah utara yang mengakibatkan turunnya

muka air di sisi kanan aliran (pantai Pulau Nusa Penida) untuk menyeimbangkan gaya tegak lurus arah aliran (Pedlosky, 1987).



Gambar 4. Sebaran Menegak Suhu pada: (kiri) Transek 1: Januari 2004 (Abu-abu); Juni 2005 (Hitam); (kanan) Transek 2: Januari 2004 (Abu-abu).



Gambar 5. Sebaran Melintang Salinitas pada: (kiri) Juni 2005 (Transek 1), (tengah) Januari 2004 (Transek 1) dan (kanan) Januari 2004 (Transek 2).

Pada sebaran melintang suhu pada Juni 2005 di Transek 1 (Gambar 3, kiri), terlihat le-
reng isothermal pada lapisan permukaan dan termoklin menaik ke arah St. 7. Hal ini juga meng-

indikasikan *upwelling* yang mungkin terbentuk akibat adanya aliran ke selatan yang kuat sehingga muka air meninggi di sisi kanan (pantai P. Lombok) dan kekosongn air di sisi kiri (pan-

tai Pulau Bali) mengakibatkan terjadinya *upwelling*.

Sebaran salinitas

Sebaran menegak dan melintang salinitas ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5. Seperti halnya sebaran suhu, sebaran salinitas juga memperlihatkan perbedaan pada kedua waktu pengukuran, terutama di lapisan permukaan sampai kedalaman 300 m (Gambar 4, *kiri*). Salinitas permukaan pada Januari 2004 (Musim Barat) adalah 33.35 – 33.36 *psu* dan pada Juni 2005 (awal Musim Timur) adalah 33.92 – 34.07 *psu*.

Salinitas menaik dengan cepat dengan bertambahnya kedalaman dan mencapai salinitas maksimum sebesar 34.61 – 34.62 *psu* pada kedalaman sekitar 160 - 175 m pada Januari 2004 (Transek 1), 34.53 – 34.55 *psu* pada kedalaman 170 – 180 m juga Januari 2004 (Transek 2), serta mencapai 34.53 – 34.55 *psu* pada kedalaman 100 - 155 m pada Juni 2005 (Transek 1). Salinitas maksimum ini diduga merupakan massa air *Northern Subtropical Lower Water* (NSLW) yang mengalir bersama Arlindo. Massa air NSLW ini dibentuk di daerah subtropis Samudera Pasifik pada posisi 25° LU dan antara 165° BT dan 195° BT (Wyrтки, 1961). Massa air dengan salinitas maksimum ini diidentifikasi sebagai lapisan gumpar (*core layer*) yang dapat dikenali dalam bentuk sebaran berbentuk lidah atau kurva tertutup pada sebaran melintang salinitas (Pickard and Emery, 1990). Pada sebaran melintang salinitas (Gambar 5), lapisan gumpar ini tidak terlalu mudah dikenali, tetapi pada sebaran menegak (Gambar 4), adanya salinitas maksimum lebih mudah terlihat.

Salinitas di lapisan permukaan (sampai sekitar 100 m) yang lebih rendah pada Juni 2005 (awal Musim Timur) dibanding Januari 2004 (keduanya di Transek 1) mengindikasikan dua hal. Indikasi pertama adalah pada bulan Juni, massa air dari Laut Flores sudah mulai masuk ke Selat Lombok. Akan tetapi massa air tersebut diperkirakan masih merupakan sisa massa air dari Laut Jawa yang pada Musim Barat sebelumnya bergerak ke timur memasuki Laut Flores. Massa air Laut Jawa pada Musim Barat mempunyai salinitas yang rendah akibat presipitasi dan masukan air tawar dari sungai di Indonesia bagian barat (Wyrтки, 1961). Indikasi kedua adalah pada bulan Januari (Musim Barat) massa air dari

Indonesia bagian barat (umumnya mempunyai salinitas rendah) belum sepenuhnya sampai di Selat Lombok, sehingga salinitas permukaan pada Januari 2004 masih lebih tinggi dibanding Juni 2005.

Percampuran dengan massa air dengan salinitas relatif rendah yang masuk ke Selat Lombok pada Juni 2005 mengakibatkan salinitas massa air NSLW lebih rendah dibanding Januari 2004. Hal yang sama juga diperoleh Arief (1997) pada hasil pengukuran salinitas Juni 1985 di Selat Lombok yang memperlihatkan salinitas maksimum pada Juni 1985 lebih rendah dari pengukuran Januari 1985. Pengukuran Arief (1997) pada September 1985 (akhir Musim Timur) di lokasi yang sama, memperlihatkan Salinitas maksimum yang mencapai 34.68 *psu*. Kehadirannya pada bulan September massa air dengan salinitas tinggi dari Indonesia timur sudah memasuki Selat Lombok.

Salinitas maksimum pengukuran Januari 2004 pada Transek 1 (sisi utara) sedikit lebih tinggi dari Transek 2 (sisi selatan). Hal ini mengindikasikan adanya percampuran massa air di interior Selat Lombok dalam perjalanan aliran massa air dari utara menuju selatan.

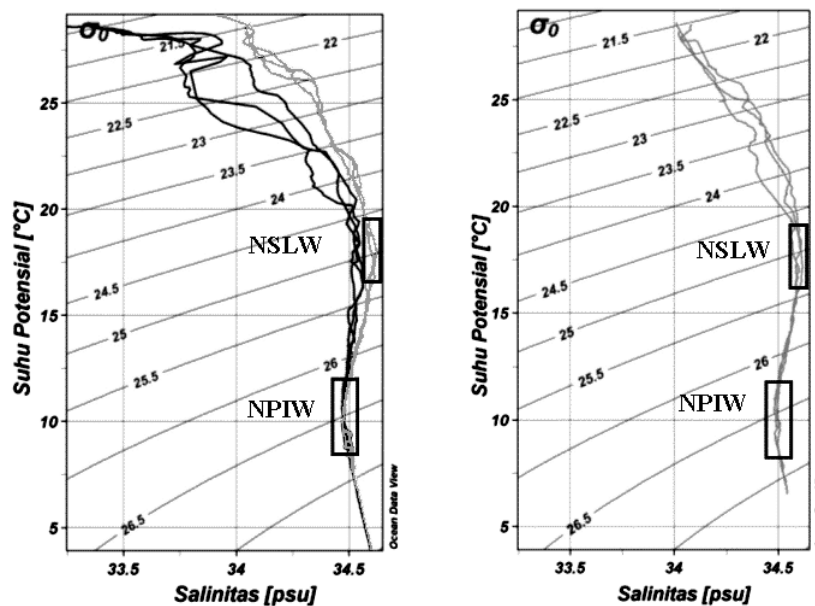
Profil menegak salinitas (Gambar 4) memperlihatkan, di bawah salinitas maksimum terdapat salinitas minimum sekitar 34.48 *psu* (kedalaman sekitar 300 – 340 m) pada Januari 2004 dan juga sekitar 34.48 *psu* (kedalaman sekitar 290 – 350 m) pada Juni 2005 (Transek 1) dan sekitar 34.49 *psu* (kedalaman 300 – 350 m) pada Januari 2004 (Transek 2). Massa air dengan salinitas minimum ini diperkirakan merupakan sisa *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) (Wyrтки, 1961). Salinitas minimum ini yang hampir sama pada kedua waktu pengukuran mengindikasikan percampuran massa air di lapisan dalam sangat terbatas, sehingga karakter massa air relatif tidak banyak berubah.

Bila sebaran melintang salinitas pada Juni 2006 (Transek 1) diperhatikan lebih seksama, terlihat adanya kenaikan lereng isohalin ke arah St. 7. Demikian juga pada Transek 2, terlihat adanya kenaikan lereng isohalin (kedalaman 100 m) ke arah St. 6. Fenomena ini konsisten dengan adanya indikasi *upwelling* yang terlihat pada sebaran melintang suhu pada St. 7 (Transek 1) dan pada St. 6 (Transek 2), seperti telah diuraikan sebelumnya.

Diagram T – S

Gambaran umum karakteristik massa air di Selat Lombok ditunjukkan pada diagram T – S (Gambar 6) yang dapat juga digunakan untuk mengidentifikasi berbagai jenis massa air. Dari Gambar 6 dapat dibedakan 4 jenis massa air yakni (i) lapisan permukaan, (ii) lapisan salinitas maksimum, (iii) lapisan salinitas minimum dan (iv) lapisan dalam. Lapisan permukaan yang

hangat dengan suhu sekitar 29°C dan salinitas rendah sekitar 32.5 – 34.0 *psu*. Massa air ini merupakan massa air tropis yang dicirikan suhu hangat akibat pemanasan yang intensif dan salinitas rendah akibat presipitasi dan masukan dari sungai yang melebihi evaporasi (Wyrтки, 1961). Massa air lapisan permukaan dengan jelas berbeda antara massa air Januari 2004 dengan salinitas lebih tinggi dan Juni 2005 dengan salinitas lebih rendah.



Gambar 6. Diagram T - S pada: (kiri) Transek 1: Januari 2004 (Hitam); Juni 2005 (abu-abu); (kanan) Transek 2: Januari 2004 (abu-abu).

Lapisan salinitas maksimum dengan Salinitas 34.60 – 34.62 *psu* (Januari 2004) dan 34.53 – 34.54 *psu* (Juni 2005) diperkirakan merupakan NSLW yang terletak pada posisi sigma-t 24.8 – 25.4 kg/m^3 . Massa air NSLW dengan jelas dapat dibedakan pada kedua pengukuran dimana perbedaan salinitasnya mengakibatkan kurvanya tidak berimpit. Fenomena ini mengindikasikan adanya pengaruh pencampuran massa air setempat terhadap massa air NSLW yang bervariasi intensitasnya mengikuti perubahan musim.

Lapisan salinitas minimum dengan salinitas 34.7 – 34.9 *psu*, suhu 7.5 – 12.9 °C dan sigma-t 26.3 – 26.7 kg/m^3 terdapat pada kedalaman 340 – 360 m. Massa air diperkirakan merupakan North Pacific Intermediate Water (NPIW) (Wyrтки, 1961). Arief (1997) juga menemukan NPIW pada kisaran salinitas dan kedalaman yang sama di Selat Lombok pada bulan Januari, Juni

dan September 1985. Berbeda dengan massa air NSLW, massa air NPIW susah dibedakan antara kedua pengukuran, karena kurvanya hampir berimpit. Hal ini mengindikasikan proses pencampuran lokal tidak banyak mempengaruhi salinitas pada kedalaman dimana NPIW terletak.

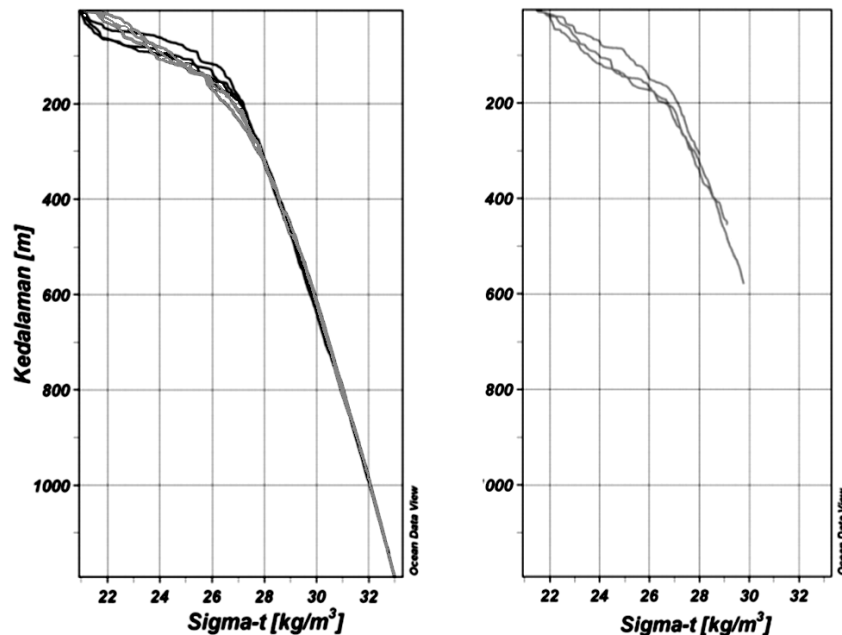
Pada lapisan dalam dengan kedalaman lebih dari 400 m, salinitas bertambah perlahan dengan kedalaman dimana salinitas mencapai 34.62 *psu*. Kurva salinitas pada lapisan ini tidak dapat dibedakan antara kedua pengukuran. Hal ini memang menjadi karakter massa air laut dalam dimana pencampuran sangat terbatas sehingga karakternya tidak banyak bervariasi.

Anomali Kedalaman Dinamik dan Sirkulasi Massa Air

Sebaran menegak sigma-t yang menggambarkan sebaran densitas (Gambar 7) memperli-

hatkan pola terbalik dari sebaran menegak suhu, terutama di lapisan permukaan tercampur. Densitas massa air pada pengamatan Januari 2004 dengan jelas terlihat berbeda dengan pengamatan Juni 2005 terutama dari permukaan sampai kedalaman sekitar 300 m. Densitas permukaan pengamatan Juni 2005 lebih rendah dari Januari 2004. Hal ini diakibatkan oleh karena salinitas

pada Juni 2005 lebih rendah di lapisan permukaan. Selain itu lapisan homogen pengamatan Juni 2005 juga lebih tebal dibanding Januari 2005. Densitas pada laut dalam (kedalaman lebih dari 400 m) pada kedua pengukuran hampir sama yang juga secara konsisten memperlihatkan karakter massa air laut dalam yang tidak banyak bervariasi.



Gambar 7. Sebaran Menegak Sigma-t pada: (kiri) Transek 1: Januari 2004 (abu-abu); Juni 2005 (hitam); (kanan) Transek 2: Januari 2004 (abu-abu).

Sebaran melintang anomali kedalaman dinamik (Gambar 8) memberikan sebaran medan tekanan pada permukaan geopotensial relatif terhadap paparan acuan yang dianggap sebagai *level of no motion*. Paparan acuan pada Transek 1 dan Transek 2 masing-masing ditetapkan pada kedalaman 800 db dan 300 db. Penentuan paparan acuan ini didasarkan pada kenyataan bahwa kedalaman pengukuran minimum pada salah satu stasiun pada transek tersebut. Dari sebaran melintang ini dapat ditentukan pergerakan massa air akibat perbedaan tekanan antara 2 stasiun yang berdekatan (aliran demikian disebut arus geostropik). Pergerakan massa air mula-mula dari tekanan tinggi ke tekanan rendah, namun oleh Gaya Coriolis dibelokkan ke kiri (belahan bumi selatan), sehingga setelah terjadi keseimbangan arus geostropik bergerak tegak lurus transek.

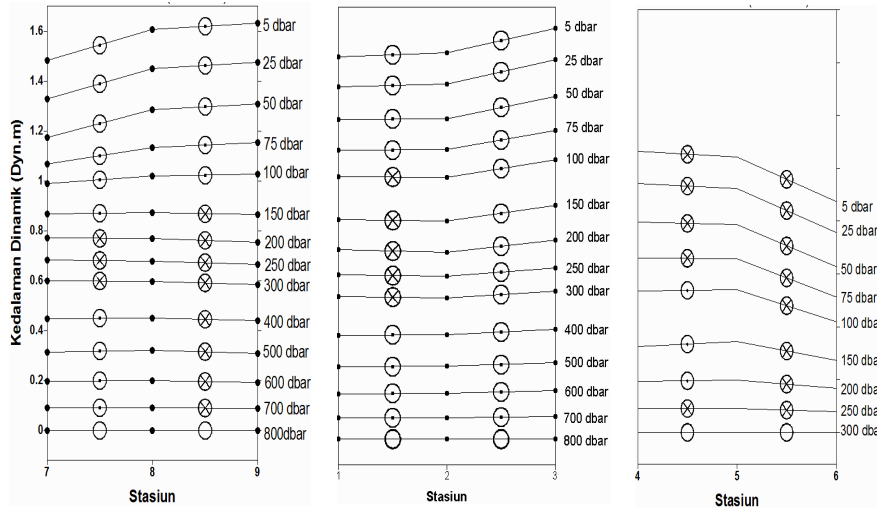
Pada Gambar 8, aliran ke keluar kertas (ke selatan), ke dalam kertas (ke utara) dan tidak ada

aliran (netral) dilambangkan masing-masing dengan \odot , \otimes , \circ . Pada Transek 1, baik data Januari 2004 maupun Juni 2005 arus geostropik umumnya ke selatan dan pada Transek 2 (data Januari 2004) arus geostropik ke utara.

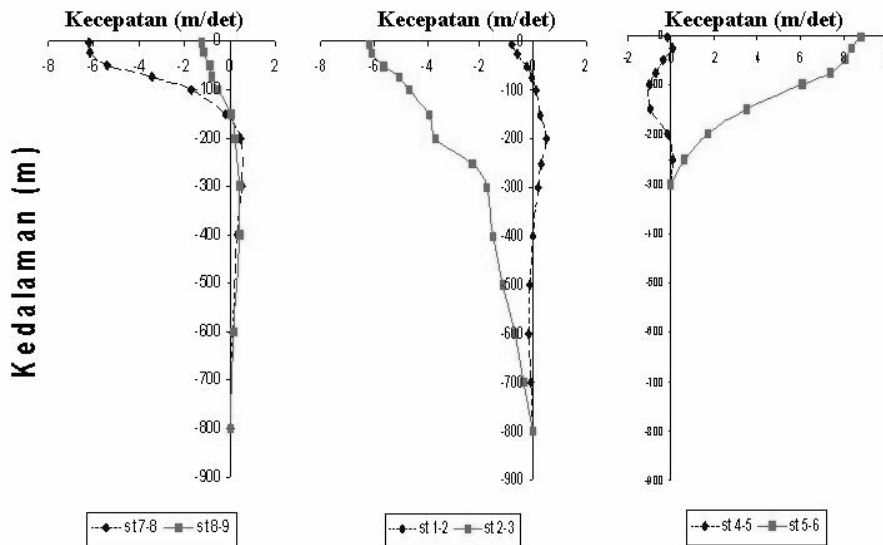
Kecepatan dan arah arus geostropik yang dihitung antara 2 stasiun pengamatan pada masing-masing transek disajikan dalam bentuk grafik menegak pada Gambar 9. Pada Transek 1, baik Juni 2005 dan Januari 2004, arah arus umumnya ke selatan kecuali lapisan dalam. Pada Transek 2, arah arus umumnya ke utara. Kecepatan arus sangat bervariasi antar pasangan stasiun dalam transek yang sama dan perbedaannya tergolong terlalu tinggi, terutama pada lapisan permukaan. Pada Transek 1 (Juni 2005 dan Januari 2004) kecepatan arus bervariasi antara 0.8 m/det – 6.1 m/det ke selatan dan pada Transek 2 antara 1 m/det ke selatan sampai 9 m/det ke utara.

Pengukuran arus dengan ADCP pada Juni 2005 (Transek 1) antara St. 7, 8 dan 9 (*stick plot* tidak disajikan) terlihat arus menuju selatan terutama pada kedalaman permukaan sampai 200 m. Kecepatan arus tertinggi (belum ditapis) terdapat pada kedalaman 35 m (0.48 – 1.67 m/det) dan bertambah lemah dengan bertambahnya kedalaman

(0.14 – 0.56 m/det pada kedalaman 150 m). Hasil pengukuran secara langsung dengan *current meter Endeco* di sisi utara Selat Lombok dari Januari 1985 – Januari 1986 yang telah ditapis (60 jam penapisan frekuensi rendah) menunjukkan kecepatan antara 0.3 – 1.1 m/det dengan arah umumnya ke selatan (Murray and Arief, 1988).



Gambar 8. Sebaran Melintang Anomali Kedalaman Dinamik pada: (kiri) Juni 2005 (Transek 1), (tengah) Januari 2004 (Transek 1) dan (kanan) Januari 2004 (Transek 2). ⊙ : aliran ke utara, ⊗ : aliran ke selatan, ○ : tidak ada aliran.



Gambar 9. Sebaran vertikal kecepatan ada arah arus geostropik pada: (kiri) Juni 2005 (Transek 1), (tengah) Januari 2004 (Transek 1) dan (kanan) Januari 2004 (Transek 2). Nilai negatif berarti arus ke selatan dan nilai positif berarti arus ke utara.

Bila dibandingkan kecepatan arus hasil pengukuran langsung (Juni 2005 dan Januari 1985 – Januari 1986) dengan kecepatan arus

geostropik di Transek 1 (sisi utara Selat Lombok), terlihat ada kesamaan arah yang umumnya ke selatan, akan tetapi perbedaan kecepatan

annya terlalu tinggi. Demikian juga pada Transek 2, dimana kecepatannya mencapai 9 *m/det*. Oleh karena itu metode geostropik tidak memberikan kecepatan pergerakan yang akurat. Kecepatan arus geostropik yang terlalu tinggi kemungkinan karena jarak antara 2 stasiun pengamatan yang terlalu sempit (kurang dari 10 *km*), sehingga perbedaan tekanan yang dinyatakan dengan anomali kedalaman dinamik (sekitar 0.11 *dyn.m*) atau perbedaan suhu mencapai 2°C pada jarak yang sempit (8 285 *m*) akan menghasilkan kecepatan arus yang terlalu tinggi. Stewart (2003) mensyaratkan jarak antara 2 stasiun yang ideal untuk digunakan menghitung arus geostropik adalah sekitar 50 *km*. Selain itu, perairan Selat Lombok dengan batimetri yang relatif kompleks disertai dengan adanya ambang di selatan ditambah dengan arus pasang surut yang tergolong tinggi (dapat mencapai 3 *m/det* seperti direkam oleh Murray dan Arief, 1988) dapat mengakibatkan variasi spasial dari medan densitas massa air yang tinggi pada jarak yang dekat. Bila perbedaan (gradien) horizontal yang tinggi ini digunakan untuk menentukan arus geostropik yang ditimbulkannya, maka kecepatannya dapat tinggi sekali. Oleh karena itu, perlu kehati-hatian dalam menggunakan metode geostropik untuk menghitung pergerakan air dari sebaran densitas antar dua stasiun pengukuran.

KESIMPULAN

Karakter massa air memperlihatkan perbedaan yang jelas terutama pada lapisan permukaan dan lapisan termoklin antara pengukuran Januari 2004 dan Juni 2005. Akan tetapi pada lapisan dalam, karakter massa air antara dua pengukuran tidak jauh berbeda. Perbedaan karakter massa air antara dua pengukuran kemungkinan berkaitan dengan perubahan musim dimana curah hujan, angin yang bertiup mengakibatkan perubahan karakter massa air. Tibanya massa air tersebut di Selat Lombok juga dipengaruhi pola pergerakan massa air yang juga berubah mengikuti perubahan pola angin. Akan tetapi pengaruhnya hanya dirasakan sampai kedalaman batas bawah lapisan termoklin.

Penentuan arah dan kecepatan pergerakan massa air dengan metode geostropik menghasilkan variasi kecepatan yang terlalu besar antara stasiun yang bedekatan pada satu transek dengan kecepatan yang terlalu tinggi. Arus yang diukur dengan ADCP memperlihatkan arus ke

selatan dengan kecepatan mencapai 1.6 *m/det*, sementara dengan arus geostropik mencapai 6 *m/det* ke arah selatan. Kelihatannya jarak antar stasiun yang terlalu dekat (kurang dari 9 *km*) menyebabkan metode geostropik tidak menghasilkan kecepatan arus yang akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Indra Jaya selaku pimpinan peneliti (*chief scientist*) ekspedisi oseanografi program INSTANT pada Januari 2004 dan Juni 2005 yang telah menyediakan data CTD dan ADCP di Selat Lombok untuk digunakan pada penelitian ini. Program INSTANT merupakan kerjasama internasional antar lima negara yaitu Amerika Serikat, Australia, Perancis, Belanda dan Indonesia. Ucapan terima kasih juga disampaikan Kepala Pusat Riset Wilayah laut dan Sumberdaya Non Hayati, Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Departemen Kelautan Dan Perikanan selaku koordinator maupun pengelola Program INSTANT yang memberi kesempatan kepada penulis untuk menggunakan data hasil program ini.

PUSTAKA

- Arief, D. 1997. **Perubahan Musiman Karakteristik Massa Air Selat Lombok**. *J. Oseano dan Limno. Res.*, 30: 13-31.
- Arief, D. and S. P. Murray. 1996. **Low-frequency fluctuations in the Indonesian Throughflow through Lombok Strait**. *J. Geophys. Res.*, 101: 12,455-12, 464.
- Clarke, A.J., and X. Liu. 1993. **Observations and dynamics of semi-annual and annual sea levels near the eastern equatorial Indian Ocean boundary**. *J. Phys. Oceanogr.*, 23: 386-399.
- Ffield, A., dan A. L. Gordon. 1992. **Vertical Mixing in the Indonesian Thermocline**. *J. Phys. Oceanogr. Res.*, 22(2): 184-195.
- Gordon, A.L., R.D. Susanto, and A.L. Ffield. 1999. **Throughflow within Makassar Strait**. *Geophys. Res. Lett.*, 26: 3325-3328.
- Hautala, S. L., J. Sprintall, J. Potemra, A. G. Ilahude, J.C. Chong, W. Pandoe and N. Bray. 2001. **Velocity structure and transport of the Indonesian Throughflow in the major straits restricting flow into the Indian Ocean**. *J. Geophys. Res.*, 106: 19,527-19,546.
- INSTANT. 2004. **Laporan Kegiatan ekspedisi INSTANT (International Nusantara Stratification and Transport) Leg 1 dan 2**. Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Nonhayati. Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta.

- Murray, S. P dan D. Arief. 1988. **Throughflow into The Indian Ocean Through The Lombok Strait, January 1985-January 1986.** *Nature*, 333: 444-447.
- Pedlosky, J. 1979. **Geophysical Fluids Dynamics.** Springer-Verlag, New York.
- Pickard, G. L. dan W. J. Emery. 1990. **Deskriptive Physical Oceanography.** Pergamon Press. New York.
- Pond, S. dan G. L. Pickard. 1983. **Introduction Dynamical Oceanography.** Pergamon Press. New York.
- Purba, M dan A. S. Atmadipoera. 2005. **Variabilitas Anomali Tinggi Paras Laut (TPL) dan Arus Geostropik Permukaan Antara L. Sulawesi, S. Makassar dan Selat Lombok dari Data Altimeter TOPEX/ERS2.** *J. Ilmu-Ilmu Per. dan Perik. Ind.*, 12 (2): 139 – 152.
- Quadfasel, D. and G. Cresswell, 1992. **A Note on the Seasonal Variability of the South Java Current.** *J. Geophys. Res.*, 97: 3685-3688.
- Sprintall, J., J. Chong, F. Syamsudin, W. Morawitz, S. Hautala, N. Bray and S. Wijffels. 1999. **Dynamics of the South Java Current in the Indo-Australian Basin.** *Geophys. Res. Lett.*, 26: 2493-2496.
- Stewart, R. H. 2003. **Introduction to Physical Oceanography.** Departement of Oceanography. Texas A & M University.
- Utami, I. N. 2006. **Studi Karakteristik dan Aliran Massa Air pada Musim Barat dan Musim Timur di Perairan Selat Lombok.** Skripsi (tidak dipublikasikan). Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Wyrtki, K. 1961. **Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters.** NAGA Report, 2. Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California.