

KARAKTERISTIK MASSA AIR LAPISAN TERCAMPUR DAN LAPISAN TERMOKLIN DI SELAT LOMBOK PADA BULAN NOVEMBER 2015

Randi Firdaus^{1*}, Heryoso Setiyono¹, Gentio Harsono²

¹Program Studi Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H, Tembalang Semarang. 50275 Telp/fax (024)7474698

²Dinas Hidro-Oseanografi Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut (DISHIDROS),

Jalan Pantai Kuta No. V, Jakarta Utara.

Email: randifirdaus09@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik massa air di lapisan tercampur dan lapisan termoklin. Karakteristik yang dimaksud adalah suhu, salinitas, densitas, stabilitas statik dan tipe massa air. Penelitian ini menggunakan data suhu, salinitas, densitas dan kedalaman yang diakuisisi dari instrumen CTD. Data suhu dan salinitas digunakan untuk menentukan tipe massa air dengan diagram T-S (Temperatur-Salinitas) yang mengacu pada klasifikasi Wyrтки, sedangkan data densitas dan kedalaman digunakan untuk menentukan stabilitas statik massa air. Stratifikasi massa air ditentukan dengan dengan kriteria ambang lapisan pknoklin $>0,125 \text{ kg/m}^3$ dari densitas permukaan dan lapisan termoklin $>0,5^\circ\text{C}$ dari suhu permukaan. Hasil penelitian menunjukkan adanya stratifikasi lapisan massa air bervariasi secara vertikal dengan kedalaman lapisan tercampur bervariasi dari 0-43 m berdasarkan temperatur dan 0-45 m berdasarkan densitas, lapisan termoklin berada diantara kedalaman 3-412 m. Stabilitas massa air menunjukkan nilai bervariasi dari -15 sampai 30 siklus/jam, nilai Frekuensi Brunt-Väisälä yang tinggi ditemukan di lapisan termoklin. Hasil diagram T-S menunjukkan adanya empat massa air yang teridentifikasi yaitu massa air *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) yang dicirikan salinitas minimum, massa air *North Pacific Subtropical Water* (NPSW) dengan karakter salinitas maksimum, massa air *North Indian Subtropical Water* (NISW) dicirikan salinitas maksimum dan massa air *Australasian Mediterranean Water* (AAMW) yang dicirikan oleh salinitas maksimum.

Kata Kunci: *Massa air, Arlindo, Stabilitas Statik, Stratifikasi Massa Air, Selat Lombok*

Abstract

The purpose this research is to determine characteristics of water masses in mixed and thermocline layer. The characteristics of water mass of this study are temperature, salinity, density, static stability and water type. This research used data of temperature, salinity, density and depth derived from CTD. Temperature and Salinity data are used to determine water type using T-S (Temperature-Salinity) diagram according to Wyrтки classification while density and depth data used to determine the static stability. Water mass stratification classified by threshold value $>0,125 \text{ kg/m}^3$ from surface density value for pycnocline layer and $>0,5^\circ\text{C}$ from surface temperature value for thermocline layer. The result showed the vertically stratified layers of water mass and mixed layer depth varies from 0-43 m for temperature classification and 0-45 m for density classification, thermocline layer found at depth 3-412 m. Static stability of water mass varies from -15 to 30 cycle/hour and high value found in thermocline layer. T-S diagram showed four water types were identified: *North Pacific Intermediate Water* (NPIW), characterized minimum salinity, *North Pacific Subtropical Water* (NPSW), *North Indian Subtropical Water* (NISW) characterized by salinity maximum and *Australasian Mediterranean Water* (AAMW), which is characterized by maximum salinity.

Keyword: *Water Mass, Indonesian Throughflow (ITF), Static Stability, Water Mass Stratification, Lombok Strait.*

1. Pendahuluan

Perairan Indonesia memiliki pengaruh penting terhadap iklim global. Indonesia menjadi satu-satunya penghubung Samudera Hindia dan Samudera Pasifik, dimana Indonesia menjadi penghubung dari jalur *conveyor belt* sirkulasi termohalin atau yang lebih dikenal dengan Arus Lintas Indonesia (Arlindo). Arlindo secara simultan mengontrol sirkulasi global. (Rosenfield *et al.*, 2010).

Masa air dari Samudera Pasifik masuk ke Perairan Indonesia melalui dua jalur. Jalur Selat Makassar (jalur barat) mulai dari Selat Mindanao bergerak ke Laut Sulawesi terus bergerak ke Selat Makassar, Laut Flores lalu ke Laut Banda. Jalur timur Arlindo masuk melalui Laut Maluku dan Laut Halmahera (Wyrski, 1961).

Studi tentang massa air sangat penting untuk karena berkaitan dengan pencampuran. Pencampuran massa air menjadi sangat penting karena mempengaruhi distribusi nutrisi, persebaran panas, yang akan berimbas pada iklim. Pencampuran turbulen massa air biasanya dalam memiliki efek signifikan terhadap transport momentum (Purwandana, 2013). Lebih lanjut Gordon *et al.* (2010) memaparkan bahwa model transport massa air Arlindo, Arlindo berefek pada kopel atmosfer-lautan berimplikasi terhadap ENSO (*El-Nino and Southern Oscillation*) dan fenomena muson. Lebih lanjut, Tomczak dan Godfrey (2001) juga memaparkan bahwa analisis pergerakan massa air dan pencampuran massa air bisa membantu dalam mengerti sirkulasi laut dalam.

Selat Lombok merupakan salah satu jalur Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) berperan penting terhadap sektor kelautan dan perikanan (Abida *et al.*, 2015). Selain itu, Selat Lombok merupakan salah satu pintu keluar ARLINDO yang mendapat pengaruh langsung dari berbagai fenomena kopel atmosfer-samudera (ENSO, IOD, Gelombang Kelvin, dan sebagainya) yang berimbas pada kondisi massa air di Selat Lombok yang mempengaruhi kondisi perikanan dan oseanografi Selat Lombok (Susanto *et al.*, 2005).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik massa air (suhu, salinitas, densitas) di Selat Lombok pada bulan November 2015 serta stratifikasi dan asal massa air serta kestabilan massa air.

2. Materi dan Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Selat Lombok pada 15 s/d 24 November 2015 dengan titik pengambilan data berada diantara 115,62°BT–115,97° BT dan 8,19° LS – 8,867°LS. Data yang digunakan adalah suhu, salinitas, densitas dan kedalaman yang didapat dari *casting* CTD. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif untuk menggambarkan kondisi massa air di Selat Lombok pada bulan November 2015.

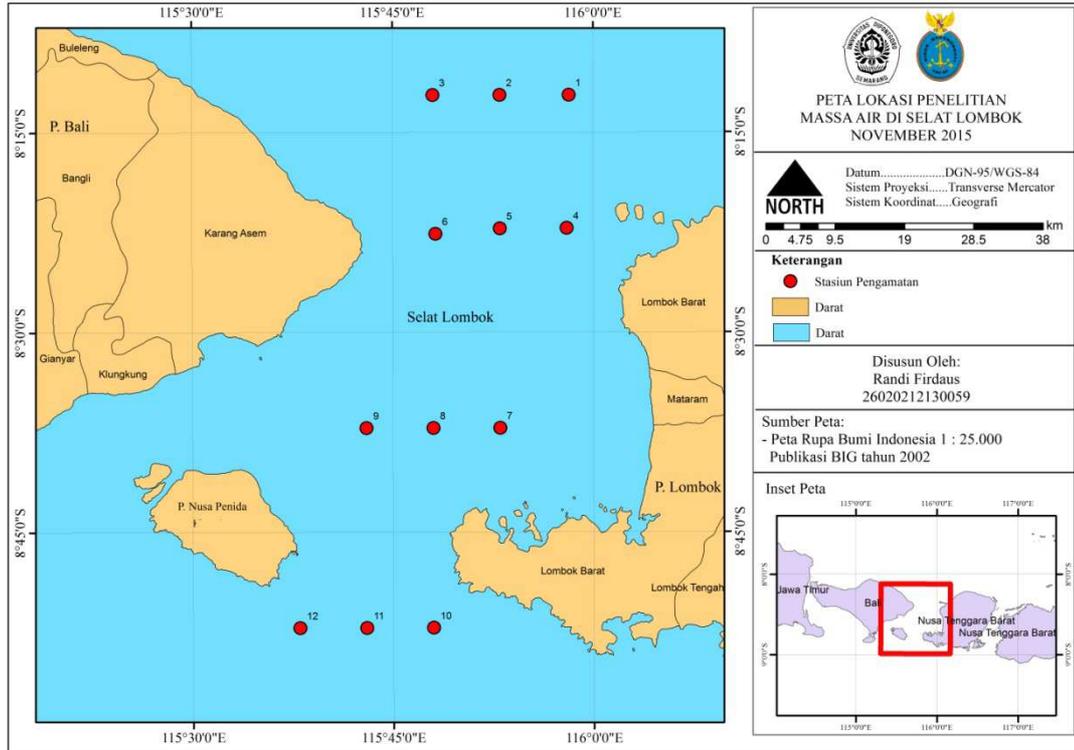
Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data suhu, salinitas, densitas dan kedalaman didapatkan dari *casting* CTD AML Plus x series dengan menggunakan wahana KRI Dewa Kembar 932 milik Dinas Hidro-Oseanografi (Dishidros) TNI-AL. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data pada 12 titik yang mewakili bagian utara, tengah dan selatan Selat Lombok. Titik pengambilan data bisa dilihat pada gambar 1. Data suhu, salinitas, dan kedalaman yang didapat dari instrumen CTD selanjutnya dipindahkan ke komputer dan dirata-ratakan setiap 1 m kedalaman untuk mengurangi varian. Selanjutnya dari data suhu dan densitas digunakan untuk menentukan stratifikasi lapisan massa air, data suhu dan salinitas digunakan untuk menentukan tipe massa air dengan bantuan diagram TS, sedangkan data densitas dan kedalaman digunakan untuk menghitung kestabilan massa air.

Analisis Data

Data suhu dan densitas potensial digunakan untuk menentukan stratifikasi lapisan massa air dengan metode nilai ambang (*threshold value*). Berdasarkan temperatur, untuk lapisan permukaan tercampur, perbedaan suhu dengan lapisan permukaan (*reference value*) $\Delta T \leq 0,5^{\circ}\text{C}$ sedangkan lapisan termoklin memiliki nilai $\Delta T > 0,5$ (Tomczak dan Godfrey, 2001; (Monterey dan Levitus, 1997; Obata *et al.*, 1996; Spall *et al.*, 2000; Foltz *et al.*, 2003) dalam de Boyer Montegutet *et al.*, 2004)). Sedangkan kriteria MLD (*Mixed Layer Depth*) untuk densitas potensial

adalah $\Delta\sigma_{\theta} \leq 0,125 \text{ kg/m}^3$ dan lapisan termoklin $\Delta\sigma_{\theta} > 0,125 \text{ kg/m}^3$ (Monterey dan Levitus, 1997; Suga *et al.*, 2004; dalam de Boyer Montegutet *al.*, 2004).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Data suhu potensial (didapatkan dari data *insitu*) dan salinitas digunakan untuk identifikasi massa air menggunakan diagram T-S (Temperatur-Salinitas) dimana asal massa air mengacu pada Wyrki (1961) dan Tomczak dan Godfrey (2001). Menurut Purwandana (2012) Analisis ini sangat bermanfaat dan mampu memberikan penjelasan terbaik untuk mengenal tipe-tipe air, yakni massa air dengan nilai suhu dan salinitas tertentu dan massa air

Stabilitas statik pada penelitian ini dinyatakan oleh Frekuensi Brunt-Väisälä dengan formulasi sebagai berikut:

$$N^2 = -gE \tag{1}$$

Dimana $E = -\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dz}$ dan g adalah percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$). Pada penelitian ini, yang

dipakai adalah nilai N. Jika pada perhitungan N^2 didapatkan nilai negatif, maka nilai N adalah akar dari mutlak nilai N^2 tersebut, setelah diakarkan baru kemudian diberikan tanda negatif (-) (Schiltzer, 2015). Massa air dikatakan stabil jika nilai $N > 0$, Netral jika nilai $N = 0$ dan tidak stabil apabila nilai $N < 0$. Semakin besar nilai N menandakan kestabilan statik massa air semakin besar (Purwandana *et al.*, 2014)

3. Hasil Penelitian

Stratifikasi Lapisan Massa Air

Hasil perhitungan stratifikasi lapisan massa air disajikan pada tabel 1. Perhitungan stratifikasi lapisan massa air menunjukkan kedalaman yang hampir sama antara pengelompokkan berdasarkan suhu dan densitas. Hal ini dikarenakan densitas dipengaruhi oleh suhu dan salinitas sedangkan salinitas pada penelitian ini relatif konstan. Hasil perhitungan stratifikasi berdasarkan suhu dan densitas potensial hanya memiliki perbedaan 5 m yaitu untuk stasiun 2 (kedalaman lapisan tercampur berdasarkan temperatur = 27 m, berdasarkan densitas= 23 m) dan stasiun 5 (kedalaman lapisan tercampur berdasarkan temperatur =20 m, sedangkan

densitas =15 m) Kedalaman lapisan permukaan tercampur/*Mix Layer Depth* (MLD) berdasarkan temperatur berkisar antara 2-43 m sedangkan berdasarkan temperatu 2-45 m. Perbedaan sekitar 2 m ini dikarenakan pada stratifikasi menggunakan densitas potensial dipengaruhi oleh salinitas. Menurut Suteja *et al.* (2015) bahwa stratifikasi lapisan lebih realistis menggunakan densitas karena profil temperatur tidak selalu menunjukkan stratifikasi vertikal. Selain itu, densitas juga dipengaruhi suhu dan salinitas sehingga stratifikasi lapisan massa air berdasarkan densitas lebih mencakup semua karakter massa air.

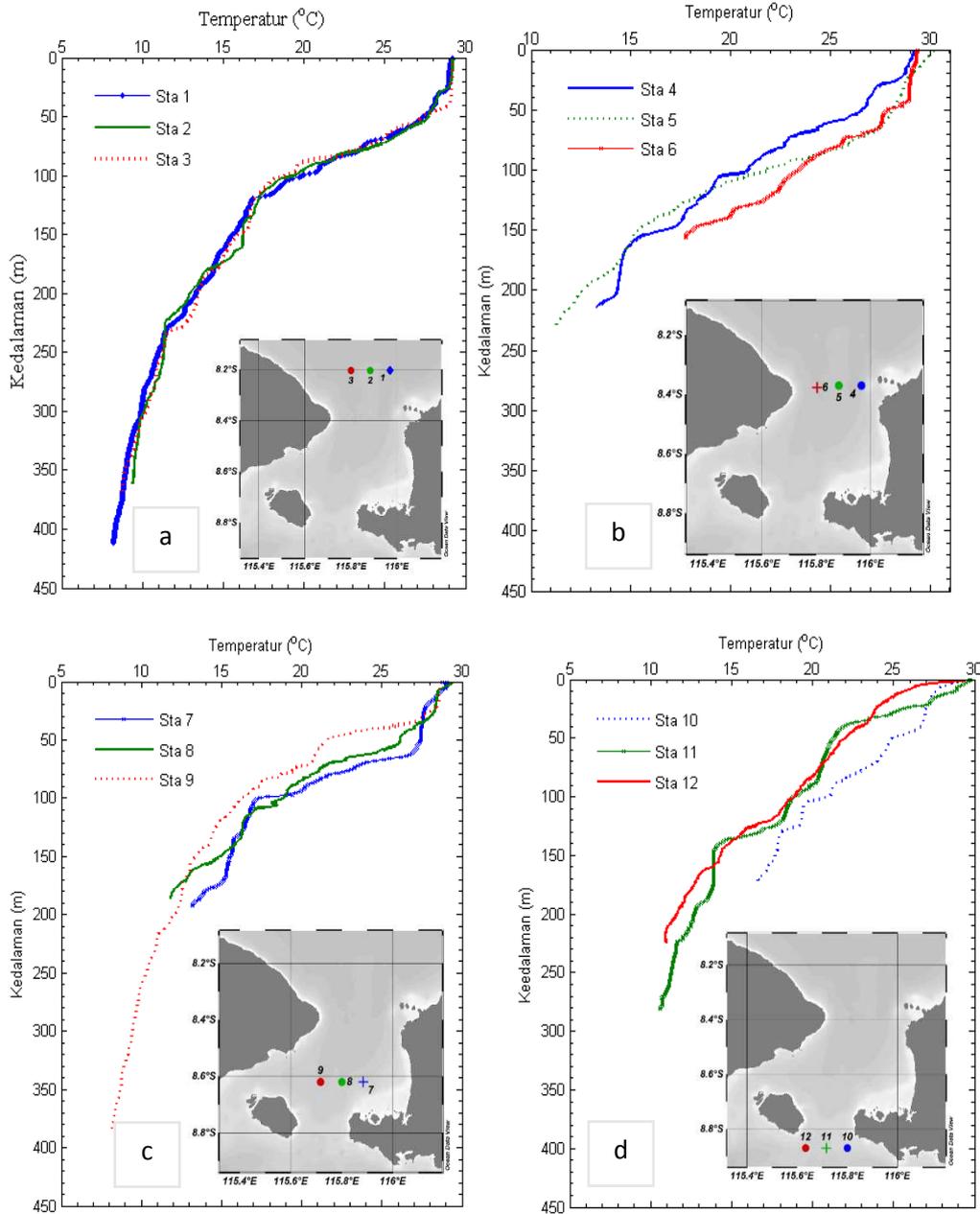
Tabel 1. stratifikasi lapisan massa air di Selat Lombok

Stasiun	Lapisan	Kedalaman(m)		Rata-rata Salinitas (psu)
		Berdasarkan Suhu	Berdasarkan Densitas	
1	Tercampur	0-28	0-28	34,61
	Termoklin/Piknoklin	29-412*	29-412*	34,54
2	Tercampur	0-27	0-23	34,52
	Termoklin/Piknoklin	28-361*	24-361*	34,47
3	Tercampur	0-41	0-41	34,62
	Termoklin/Piknoklin	42-367*	42-367*	34,53
4	Tercampur	0-20	0-15	34,52
	Termoklin/Piknoklin	21-214*	16-214*	34,59
5	Tercampur	0-4	0-4	34,45
	Termoklin/Piknoklin	5-230*	5-230*	34,51
6	Tercampur	0-43	0-45	34,64
	Termoklin/Piknoklin	44-156*	46-156*	34,64
7	Tercampur	0-14	0-12	34,41
	Termoklin/Piknoklin	15-192*	13-192*	34,51
8	Tercampur	0-4	0-4	34,53
	Termoklin/Piknoklin	5-186*	5-186*	34,57
9	Tercampur	0-23	0-23	34,45
	Termoklin/Piknoklin	24-386*	24-386*	34,47
10	Tercampur	0-2	0-2	34,67
	Termoklin/Piknoklin	3-172*	3-172*	34,62
11	Tercampur	0-5	0-3	34,52
	Termoklin/Piknoklin	6-281*	4-281*	34,54
12	Tercampur	-	-	-
	Termoklin/Piknoklin	0-224*	0.224*	34,67

*Bukan batas sebenarnya kedalaman termoklin/piknoklin, melainkan batas kedalaman pengambilan CTD, Pada kedalaman tersebut, masih mengindikasikan adanya lapisan termoklin di bawah lapisan tersebut.

Profil Suhu

Profil suhu ditampilkan pada gambar 2. Secara vertikal, suhu memperlihatkan profil yang bervariasi antar transek. Terlihat bahwa di utara Selat Lombok lapisan tercampur lebih tebal dibanding selatan. Kedalaman lapisan tercampur di transek sebelah utara berkisar antara 27-41 m sedangkan pada transek di bagian selatan kedalaman lapisan tercampur hanya mencapai 5 m. Hal ini kemungkinan karena di Selain itu, terlihat bahwa di selatan selat, variasi profil temperatur lebih terlihat dibanding bagian utara. Hal ini karena dinamika di selatan Selat Lombok lebih kompleks dibanding utara, di Selatan Selat Lombok terdapat *Sill* Lombok dan tempat masuknya gelombang internal dan gelombang kelvin. Pada transek 2,3,dan 4 terlihat jelas adanya variasi suhu yang diduga sebagai akibat adanya gelombang internal. Pada transek 4 yang berada di selatan Selat Lombok memperlihatkan penurunan temperatur secara berundak terhadap kedalaman. Menurut Purwandana (2014) hal ini menunjukkan percampuran turbulen yang kuat sehingga temperatur tidak menurun secara tajam terhadap kedalaman.



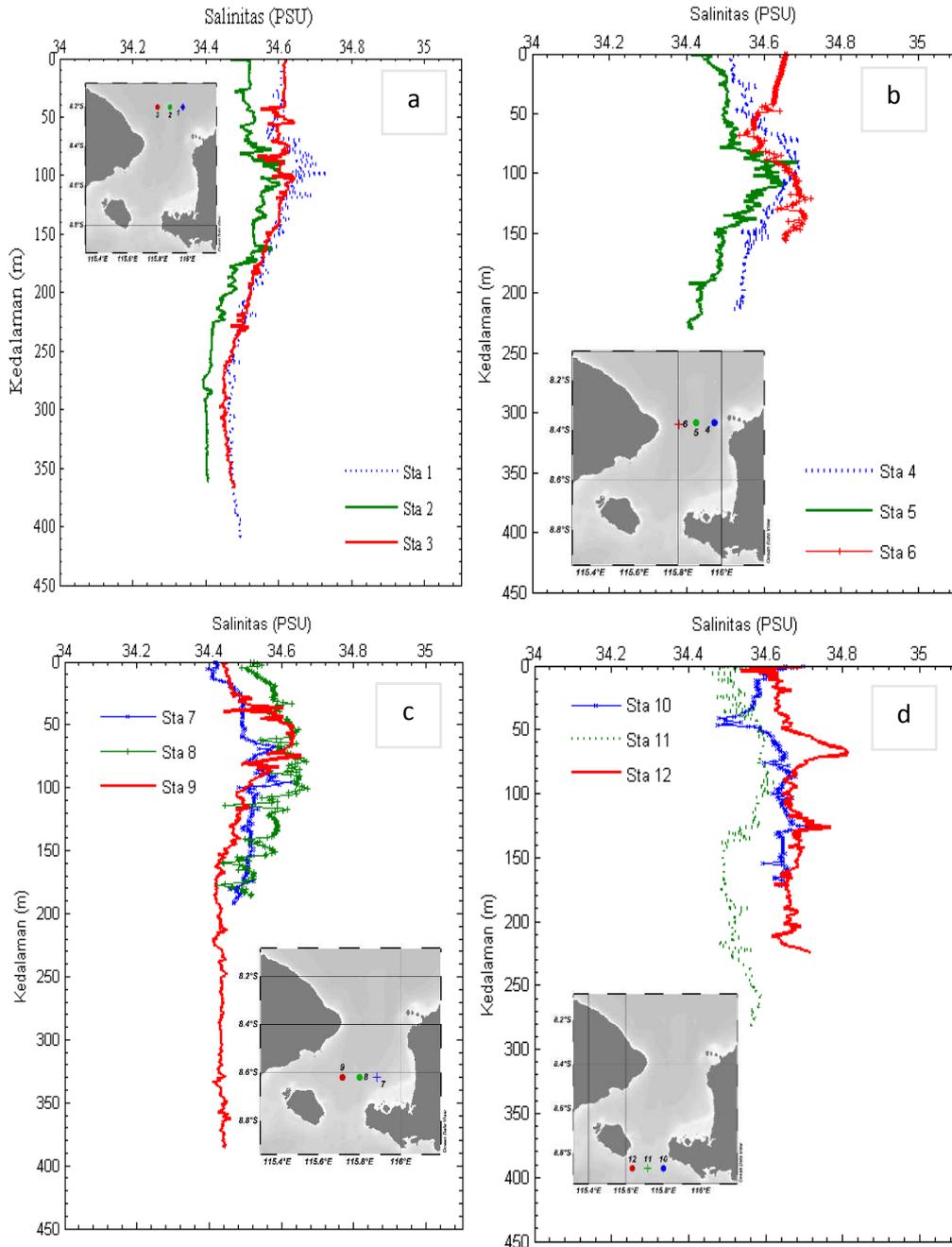
Gambar 2. Profil suhu di Selat Lombok: a. Transek 1, b. Transek 2, c. Transek 3, d. Transek 4

Profil Salinitas

Profil salinitas ditampilkan pada gambar 3. Profil salinitas memperlihatkan variasi yang sedikit (nilai salinitas secara vertikal tampak homogen, hanya bervariasi sekitar 0,2 psu). Secara vertikal terlihat bahwa nilai salinitas rendah di permukaan (karena pengenceran oleh air tawar) dan maksimal di lapisan termoklin (sekitar kedalaman 100 m) kemudian nilai salinitas turun kembali hingga batas penurunan CTD. Profil vertikal yang menunjukkan variasi yang tidak jauh antara lapisan permukaan dengan lapisan di kedalaman lebih dalam dikarenakan pada bulan November 2015 masih termasuk periode el-nino dimana curah hujan di Indonesia rendah sehingga pasokan air tawar (dari hujan) juga rendah sehingga tidak mengencerkan salinitas di lapisan permukaan.

Nilai salinitas permukaan pada penelitian ini relatif tinggi yaitu 34,43 psu hingga 34,65 psu. Nilai ini hampir sama dengan nilai yang didapatkan Wyrcki (1961) juga pada bulan November, pada bulan November kemungkinan evaporasi di Selat Lombok lebih besar dibanding presipitasi. Pola distribusi temperatur secara vertikal pada transek 1,2,3 menunjukkan

hal yang hampir sama namun hal berbeda terjadi pada transek yang mewakili bagian selatan Selat Lombok yang memiliki pola yang berbeda dibanding transek lainnya. Hal ini diduga karena transek tersebut berhubungan langsung dengan Samudera Hindia sehingga memiliki karakter yang berbeda. Pada transek transek 1,2, dan 3 ditemukan lapisan dengan salinitas maksimal (pada kedalaman sekitar 100 m) dengan nilai salinitas mencapai 34,6-34,7 psu

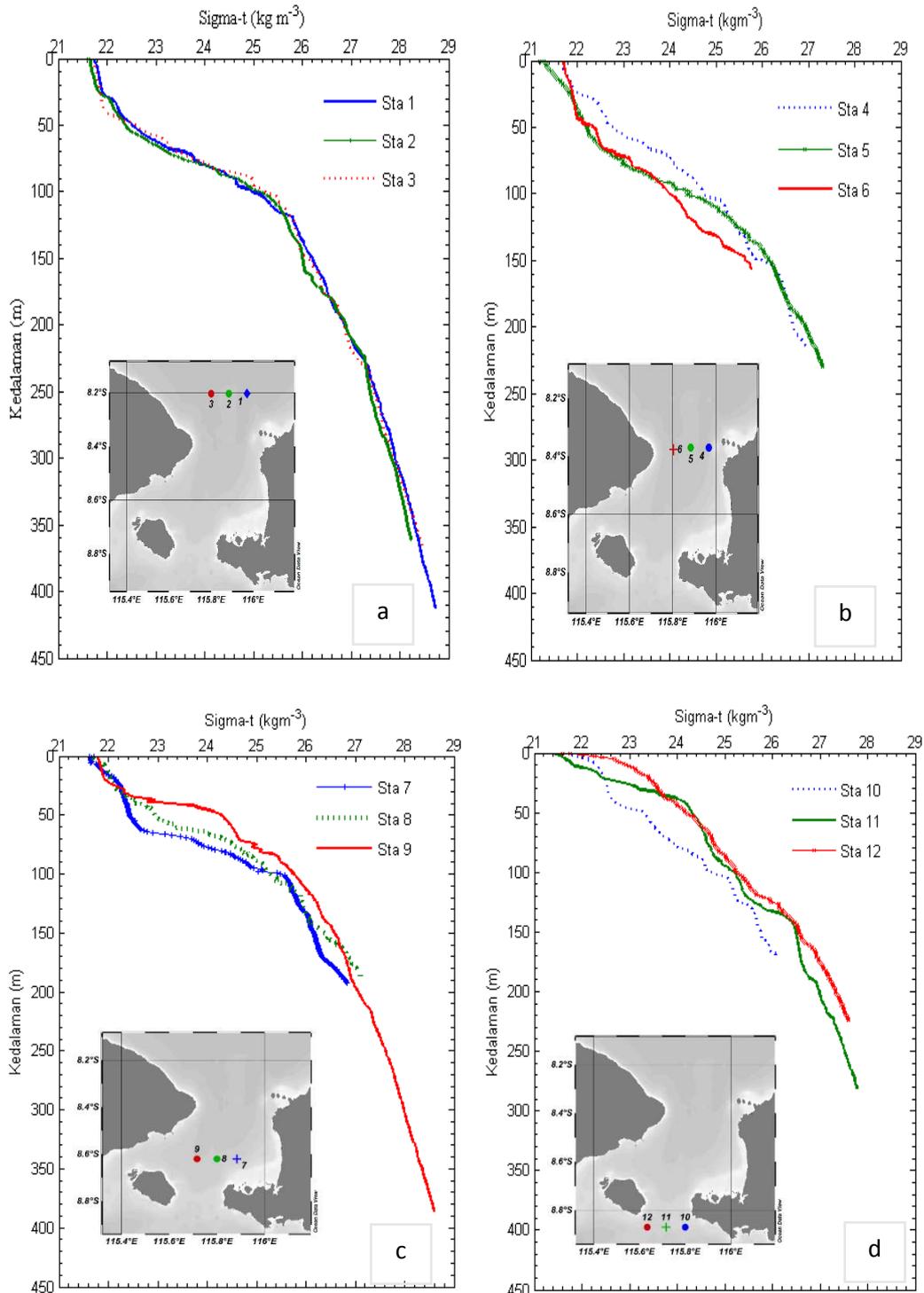


Gambar 3. Profil salinitas: a. Transek 1, b. Transek 2, c. Transek 3, d. Transek 4

Profil Densitas

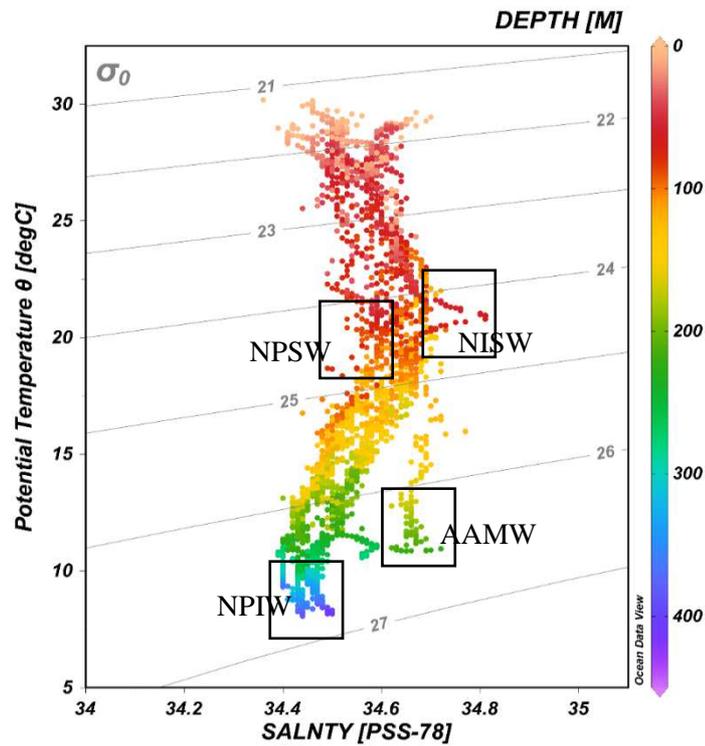
Profil densitas ditampilkan pada gambar 4. Secara vertikal, densitas semakin tinggi dengan bertambahnya kedalaman. Terlihat adanya stratifikasi densitas yaitu lapisan permukaan tercampur, lapisan piknoklin serta lapisan dalam. Ketebalan lapisan permukaan tercampur dan lapisan piknoklin pada profil densitas hampir berhimpit dengan profil temperatur. Hal ini dikarenakan densitas air laut merupakan fungsi temperatur dan salinitas. Menurut Pond dan Pickard (1978) hubungan antara densitas dengan salinitas dan temperatur adalah tidak linear,

namun densitas lebih dipengaruhi temperatur dibanding salinitas. Semakin tinggi suhu dengan salinitas konstan, maka partikel air akan mengembang dan memperbesar volume dengan massa yang sama, sehingga densitas akan berkurang (densitas berbanding terbalik dengan volume). Pada daerah penelitian, terlihat variasi salinitas sangat kecil (maksimal 0,2 psu) sehingga dianggap seragam (konstan). Akibatnya pengaruh salinitas terhadap densitas lebih kecil dibandingkan pengaruh temperatur.



Gambar 5. (lanjutan) Profil densitas: a. Tansek 1, b. Transek 2, c. Transek 3, d. Transek 4

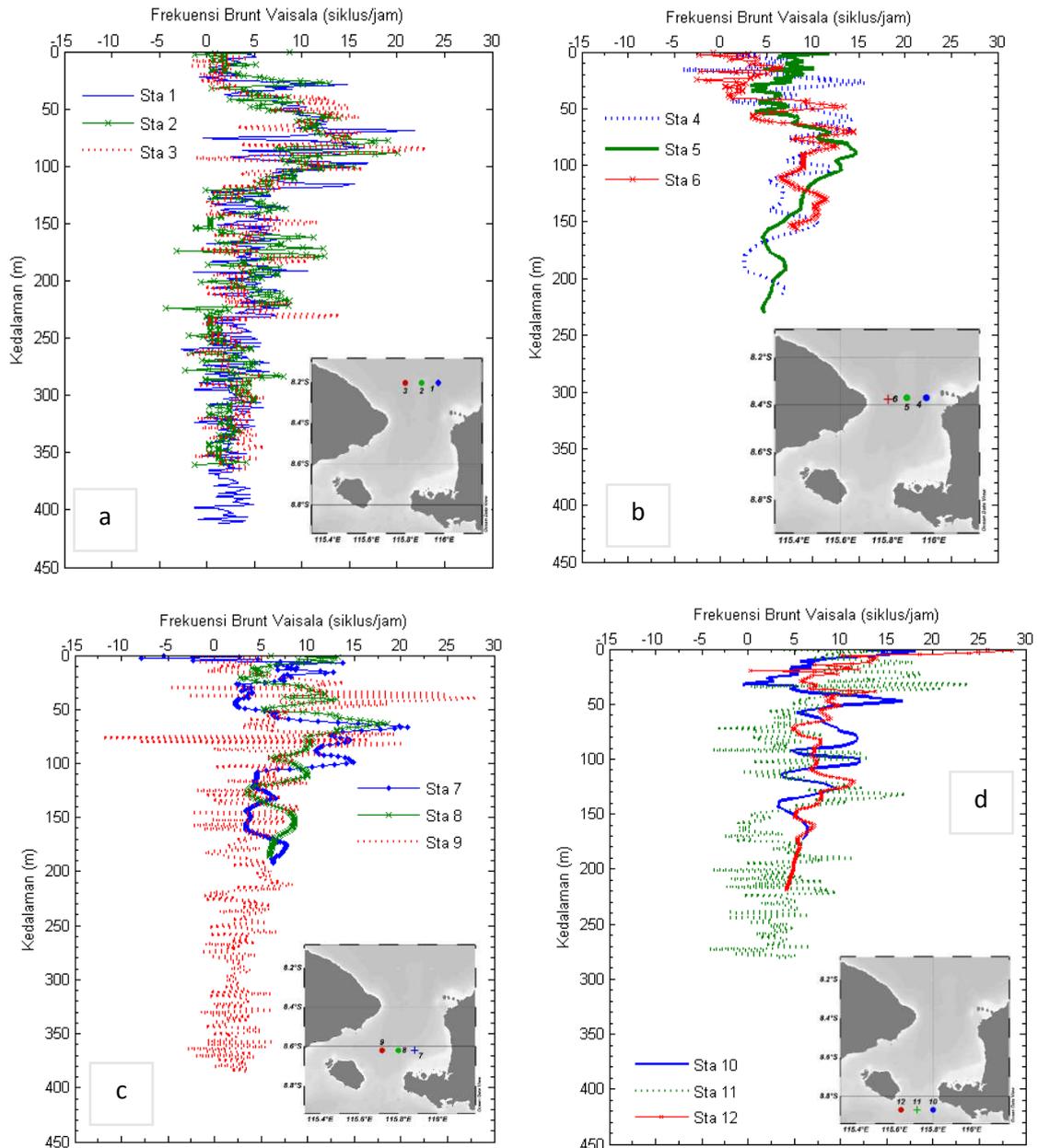
Diagram T-S



Berdasarkan analisis dengan diagram T-S teridentifikasi 4 massa air. Terdapat dua massa air di bawah lapisan tercampur (pada bagian atas lapisan termoklin) yaitu pada kedalaman sekitar 80 m terlihat hadirnya massa air *North Indian Subtropical Water* (NISW) yang berasal dari Samudera Hindia yang pada penelitian ini dicirikan salinitas maksimum sebesar 34,8 psu yang terletak diantara kolom $\sigma_\theta = 24-25 \text{ kg/m}^3$. Menurut Wyrki (1961) massa air NISW memiliki suhu potensial antara 16-27°C dengan salinitas berkisar antara 34,6-36,0 psu. Pada kedalaman yang sama, terdeteksi juga sisa massa air *North Pacific Subtropical Water* (NPSW) dengan ciri salinitas maksimum 34,67 psu pada $\sigma_\theta = 24-25 \text{ kg/m}^3$ dan suhu pada 20°C. Pada kedalaman sekitar 200-250 di selatan Selat Lombok teridentifikasi massa air *Australasian Mediterranean Water* (AAMW) dengan dengan suhu berkisar antara 8-10°C dan salinitas 34,6-34,7 psu. Pada kedalaman lebih dari 300 m teridentifikasi massa air Intermediet Asal Pasifik Utara atau *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) dengan ciri salinitas minimum yaitu 34,4 psu dengan suhu potensial 8°C pada kedalaman 300 m.

Stabilitas Statik

Perhitungan stabilitas statik menghasilkan nilai kestabilan paling tinggi pada lapisan termoklin. Menurut Pond dan Pickard (1978) nilai kestabilan paling tinggi adalah di lapisan termoklin yang dilapisi ini terdapat juga lapisan pknoklin yang memiliki gradien vertikal densitas yang besar sehingga dibutuhkan energi yang besar untuk terjadi percampuran.



Gambar 6. Profil vertikal

Secara umum, ketidakstabilan massa air berada pada lapisan dibawah lapisan termoklin (200-250 m). Menurut Purwandana *et al.* (2014) adanya pengaruh arus dan topografi yang menyebabkan distorsi parcel massa air. Secara khusus, terlihat bahwa pada transek 3 (bagian barat Selat Lombok) memiliki ketidakstabilan yang paling banyak dibandingkan bagian tengah dan timur Selat Lombok. Hal ini di duga karena kuatnya percampuran akibat pasang surut pada bagian barat Selat Lombok. Hasil penelitian Robertson (2010) menunjukkan bahwa di bagian barat Selat Lombok pasang surut internal harian tunggal memiliki nilai yang tinggi. Menurut Sulaiman (2001) percampuran dapat digenerasi pasang surut dengan latar belakang gelombang internal. Pada stasiun 9, frekuensi Brunt-Väisälä memiliki nilai negatif (paling tidak stabil) pada kedalaman sekitar 90 meter. Hal ini kemungkinan karena stasiun 9 berada di jalur masuk perpisahan arus (arus dari Selat Lombok menuju ke Samudera Hindia dan arus Selat Lombok menuju ke Selat Badung). Pada tempat tersebut, biasanya terjadi aliran turbulen yang mengakibatkan percampuran turbulen yang mendistrorsi massa air (massa air densitas lebih rendah bisa berada di atas massa air berdensitas lebih tinggi).

4. Kesimpulan

Kedalaman lapisan tercampur bervariasi mulai dari 2 m dibagian selatan hingga 43 m di bagian utara. Di bawah lapisan tercampur terdapat lapisan termoklin dengan kedalaman mencapai batas kedalaman penurunan CTD yaitu 412 m. Pada penelitian ini teridentifikasi empat massa air. Dua massa air pada lapisan termoklin (kedalaman sekitar 200-300 m) yaitu massa air *Australasian Mediterranean Water* (AAMW) serta massa air *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) sedangkan dua massa air lainnya teridentifikasi di bawah lapisan tercampur (pada kedalaman 70-80 m) yaitu massa air *North Pacific Subtropical Water* (NPSW) dan massa air *North Indian Subtropical Water* (NISW) dengan karakteristik salinitas maksimum. Nilai kestabilan bervariasi antara -15 siklus/jam hingga 30 siklus/jam. Kestabilan massa air di Selat Lombok paling stabil di lapisan termoklin dan kurang dan tidak stabil berada di dekat dasar perairan dan lapisan permukaan tercampur.

5. Daftar Pustaka

- Abida, R.F., W.S Pranowo, Y. Pratomio dan E.A. Kisanarti. 2015. Identifikasi Komponen Harmonik di Selat Lombok berdasarkan Data Arus Time Series. *J. Depik*, 4(1): 24-32.
- de Boyer Montegut, C., G. Madec, A.S. Fischer, A. Lazar and D. Iudicone. 2004. Mixed Layer Depth over the Global Ocean: An Examination of Profile Data and a Profile-Based Climatology. *J. Geophysical Research*, 109; 1-20.
- Gordon, A.L. 2005. Oceanography of the Indonesian Sea and Their Throughflow. *J. Oceanography*, 16 (4): 14-21.
- Pond, S. and G.R. Pickard. 1978. *Introductory to Dynamic Oceanography*. Pergamon Press, Great Britanian.
- Purwandana, A. 2012. Transformasi dan Percampuran Massa Air di Perairan Selat Alor pada Bulan Juli 2011. [Tesis]. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- _____. 2013. Kajian Percampuran Vertikal Massa Air dan Manfaatnya. *J. Oseana*, 38 (3): 9-22.
- Purwandana, A., M. Purba and A.S. Atmadipoera. 2014. Distribusi Percampuran Turbulen di Perairan Selat Alor. *J. Ilmu Kelautan*, 19 (1): 43-54.
- Robertson, R. 2010. Tidal Currents and Mixing at the INSTANT mooring locations. *J. Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 50: 331-337.
- Rosenfield, D., V. Kamenkovich, K. O'Driscoll and J. Sprintall. 2010. Validation of a Regional Indonesian Sea Model Based on a Comparison Between Model and INSTANT Transports. *J. Dynamic of Atmospheres and Oceans*, 50: 313-330.
- Schlitzer. 2015. Ocean Data View, <http://odv.awi.de>
- Sulaiman, A. 2000. *Turbulensi Laut Banda*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Jakarta.
- Susanto, R.D., A.L. Gordon and J. Sprintall. 2007. Observations and Proxies of the Surface Layer Throughflow in Lombok Strait. *J. Geophysical Research*, 112: 1-11.
- Suteja, Y., M. Purba dan A.S. Atmadipoera. 2015. Percampuran Turbulen di Selat Ombai. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7 (1): 71-82.
- Tomczak M. and J.S Godfrey. 2001. *Regional Oceanography: an Introduction*. pdf version 10.1
- Wyrtki, K. 1961. *Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters*. Naga Report Volume 2. Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California.