

## Karakteristik *Mixed Layer Depth* dan Pengaruhnya Terhadap Konsentrasi Klorofil-a

Novita Ayu Ryandhini<sup>1\*</sup>, Muhammad Zainuri<sup>1</sup>, A. Rita Tisiana D.K.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Sudarto, S.H, Tembalang Semarang, Indonesia 50275

<sup>2</sup>Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan Perikanan, Pusat Penelitian Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Kementerian Kelautan Perikanan, Jalan Pasir Putih I Ancol Timur, Jakarta, Indonesia 14430.  
Email: novitaayuryandhini@yahoo.com

### Abstrak

Perairan Selat Badung memiliki karakteristik yang sebagian besar dipengaruhi oleh aktivitas Arus Lintas Indonesia (ARLINDO). Pencampuran massa air akibat pergerakan massa air vertikal menjadikan kondisi lapisan yang homogen, dimana nilai suhu, salinitas dan densitas berada pada nilai yang hampir sama di lapisan tertentu akan membentuk *Mixed Layer Depth* (MLD). Penelitian dilakukan untuk mengetahui karakteristik MLD dan pengaruhnya terhadap konsentrasi klorofil-a di Perairan Selat Badung, Bali. Metode pengukuran klorofil-a menggunakan spektrofotometri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu dan salinitas sebagai parameter MLD, membentuk lapisan yang homogen pada kedalaman yang bervariasi. Sebaran kandungan klorofil-a pada kedalaman MLD 12-23 m, menunjukkan nilai klorofil-a yang cenderung lebih tinggi pada permukaan perairan dibandingkan di perairan yang lebih dalam. Pada MLD kedalaman 12-60 m, menunjukkan bahwa kecenderungan kandungan klorofil-a lebih tinggi pada lapisan di kedalaman tersebut. Namun pada beberapa stasiun menunjukkan bahwa meskipun terdapat lapisan homogen yang cukup dalam, kandungan klorofil-a lebih tinggi di lapisan permukaan dibandingkan pada perairan yang lebih dalam.

**Kata Kunci:** *mixed layer depth*, klorofil-a, perairan selat Badung

### Abstract

#### Characteristics of Mixed Layer Depth and Its Effect on Concentration of Chlorophyll-a

Badung Strait characteristics is largely influenced by the ARLINDO (Indonesian Throughflow) current activity. The mixing of water masses due to the vertical movement of water masses, homogenized some range of layer (*Mixed Layer Depth*), whereas the value of temperature, salinity and density were about on the same range. The study was conducted to determine the characteristics of MLD and its influence on the concentration of chlorophyll-a of Badung Strait, Bali. Chlorophyll-a content was measured by using spectrophotometry method. The results showed that temperature and salinity as the MLD parameters, formed homogeneous layer (MLD) at varying depths. Distribution of MLD at depth of 12-23 m, indicating that chlorophyll-a concentration tends to be higher on the surface than at depth. In conditions at depth of 12-60 m, showed that chlorophyll-a higher on the depth, where a lot of MLD formed on the layer. However, in some stations showed that although there were quite a lot of homogeneous layer, chlorophyll-a concentration was higher on the surface than in the depth.

**Keywords:** *Mixed Layer Depth*, Chlorophyll-a, Badung Strait

### Pendahuluan

Selat Badung merupakan salah satu selat yang terdapat di Perairan Nusa Lembongan, Bali. Kedalaman perairannya berkisar antara 70-250 m. Karakteristik perairan di Selat Badung sebagian besar dipengaruhi oleh aktivitas arus yang merupakan salah satu outlet dari jalur ARLINDO, dilihat dari vektor arus permukaan rerata tahunan

(Gordon, 2001). Massa air utama ARLINDO yang berasal dari Selat Lombok terbagi, seperempatnya melalui Selat Badung dan sisa massa air tetap mengikuti aliran yang utama (Murray dan Arief, 1988; Hirst dan Godfrey, 1992; Godfrey, 1996). ARLINDO adalah suatu sistem di perairan Indonesia di mana terjadi lintasan arus yang membawa massa air dari Lautan Pasifik ke Lautan Hindia. Massa air Pasifik tersebut terdiri atas massa air Pasifik Utara

dan Pasifik Selatan. Terjadinya ARLINDO terutama disebabkan oleh bertiupnya angin pasat tenggara di bagian Selatan Pasifik dari wilayah Indonesia.

Sehingga sebagian besar kondisi oseanografi di Selat Badung dipengaruhi oleh pergerakan dan pencampuran massa air dari kedua Samudera ini. Fenomena ini sangat membantu dalam menyediakan nutrisi dengan konsentrasi tinggi pada lapisan permukaan tercampur. Salah satunya yang mempengaruhi lapisan permukaan tercampur adalah suhu dan salinitas. Pergerakan fluida secara vertikal, mengakibatkan fluks nutrisi dari lapisan bawah ke lapisan yang lebih atas. Hal ini menyebabkan proses pencampuran memiliki peranan yang sangat penting bagi kehidupan fitoplankton untuk menopang pasokan nutrisi yang sangat dibutuhkan untuk melakukan proses fotosintesis (Thorpe, 2007). Penelitian bertujuan untuk mengetahui karakteristik MLD serta memahami pengaruhnya terhadap konsentrasi klorofil-a di Perairan Selat Badung, Bali.

### Materi dan Metode

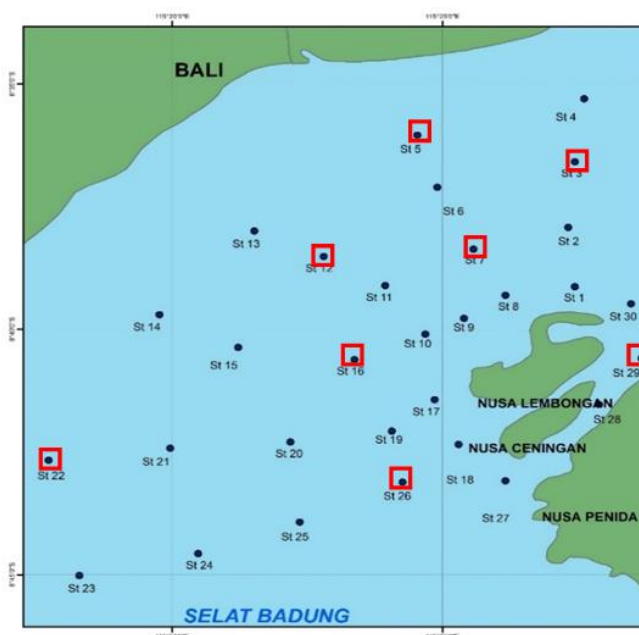
Pengukuran kedalaman, suhu dan salinitas dilakukan *in situ* di 30 stasiun di Perairan Selat Badung, Bali menggunakan CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*). Stasiun dikelompokkan berdasarkan transek yakni, transek 1 (stasiun 24, 25, 26 dan 27); transek 2 (18, 19, 20, 21, 22); transek 3 (14, 15, 16, 17); transek 4 (9, 10, 11, 12, 13); transek 5 (5, 6, 7, 8); transek 6 (1, 2, 3, 4) dan transek 7 (28, 29, 30) (Gambar 1).

Sampel air (klorofil-a) diambil pada 8 titik yang dapat mewakili kondisi stasiun pengambilan suhu dan salinitas. Sampel air diambil pada dua kedalaman yaitu di permukaan (0 m) dan kedalaman (50 m) sebanyak 2 liter pada setiap kedalaman dengan botol Nansen. Sampel air di saring menggunakan kertas filter, hasil filter kemudian diekstrak dengan menggunakan larutan aseton dan di centrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 30 menit. Pengukuran kandungan klorofil-a menggunakan spektrofotometer (Wibowo *et al.*, 2004; Risamasu dan Prayitno, 2012) dengan panjang gelombang 630 nm, 647 nm, 664 nm dan 750 nm.

### Hasil dan Pembahasan

#### Karakteristik parameter

Berdasarkan hasil pengamatan dari profil suhu dan salinitas di Perairan Selat Badung, Bali dapat dilihat bahwa *mixed layer* terjadi pada lapisan di sekitar kedalaman 12-60 m. Pada profil salinitas berdasarkan kedalaman menunjukkan grafik dengan kedalaman yang hampir sama dengan terjadinya MLD di grafik profil vertikal suhu, karena di lapisan dengan suhu homogen salinitas juga biasanya homogen (Nontji, 2002). Pembentukannya berbeda-beda pada setiap stasiun, hal ini diakibatkan letak stasiun yang berada di daerah selat sehingga memiliki karakter arus yang deras dan menyeret massa air dengan cepat.



Gambar 1. Peta Lokasi Titik Sampling di Selat Badung, Bali. ● = Stasiun suhu dan salinitas, ■ = Stasiun klorofil-a

Pada gambar hasil plot suhu dan salinitas menunjukkan bahwa pada bagian Selatan (transek 1, 2 dan 3) lokasi penelitian, MLD hanya terbentuk pada beberapa stasiun. Pada beberapa stasiun tidak terbentuk MLD diduga akibat dari pengaruh lokasi penelitian yang langsung berhubungan dengan Samudera Hindia sehingga arus mempengaruhi pengadukan massa air secara langsung dan menarik massa air dengan cepat serta membuat kondisi homogen tidak terbentuk di lapisan tersebut. Pencampuran pada setiap kedalamannya cukup bervariasi, pengaruh dari arus sangat berbeda diantara permukaan dan lapisan perairan dalam, serta lokasi perairan tersebut yang berada pada salah satu *outlet* dari ARLINDO (Arus Lintas Indonesia), sehingga memiliki pergerakan massa air yang kompleks di daerah tersebut (Pranowo *et al.*, 2006) dan pengaruh arus dari Samudera Hindia membawa massa air yang lebih dingin. Terlihat dari hasil gambar suhu massa air di Selatan lebih dingin dari massa air di Utara.

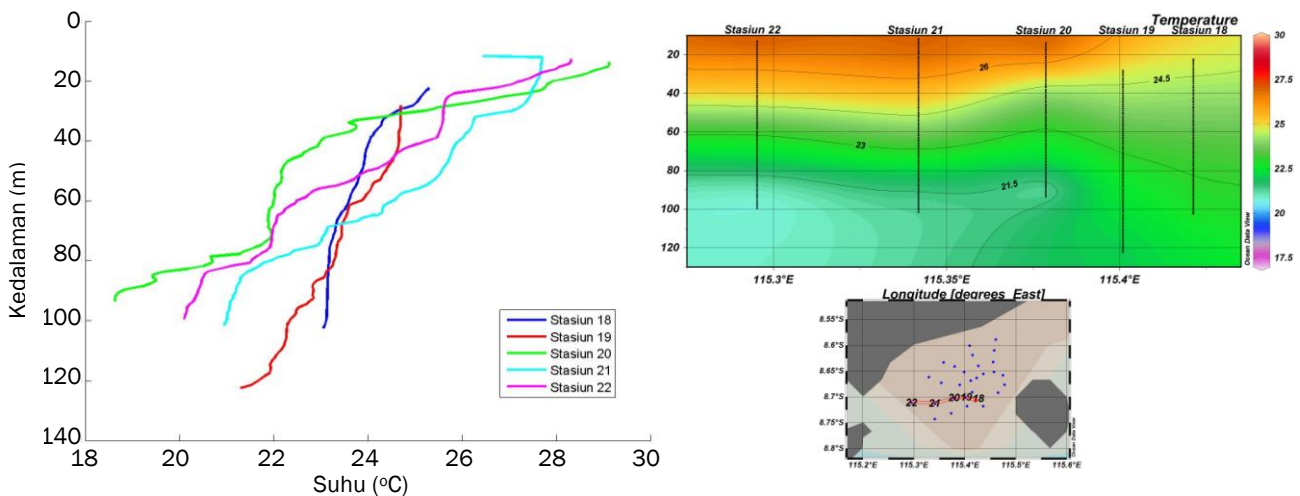
Bagian Utara lokasi penelitian (transek 4, 5 dan 6), MLD semakin jelas terbentuk karena kondisi perairan yang relatif stabil dibandingkan dengan daerah di Selatan pencampuran antar lapisan menciptakan lapisan yang homogen pada kedalaman tertentu. Massa air di transek ini terlihat lebih stabil. Pada transek 7 yang berada di antara selat Nusa Lembongan dan Nusa Penida dimana karakteristik arus pada selat menyeret massa air dengan cepat, sehingga profil vertikal suhu berubah secara signifikan pada setiap kedalamannya, ketidakstabilan dalam kolom air berpotensi memicu terjadinya pencampuran massa air (Purwandana *et al.*, 2014), maka MLD tidak terbentuk.

Perubahan suhu relatif stabil dan lebih hangat dibandingkan pada transek yang berada di Selatan. Wijesekera dan Gregg (1996) menjelaskan, bahwa pada suatu perairan dengan pengaruh arus diantara permukaan dan lapisan dalam cukup berbeda. Hal ini juga dipengaruhi oleh kedalaman perairan, sehingga terbentuknya pola perairan dengan perubahan suhu tersebut diduga sangat dipengaruhi oleh arus.

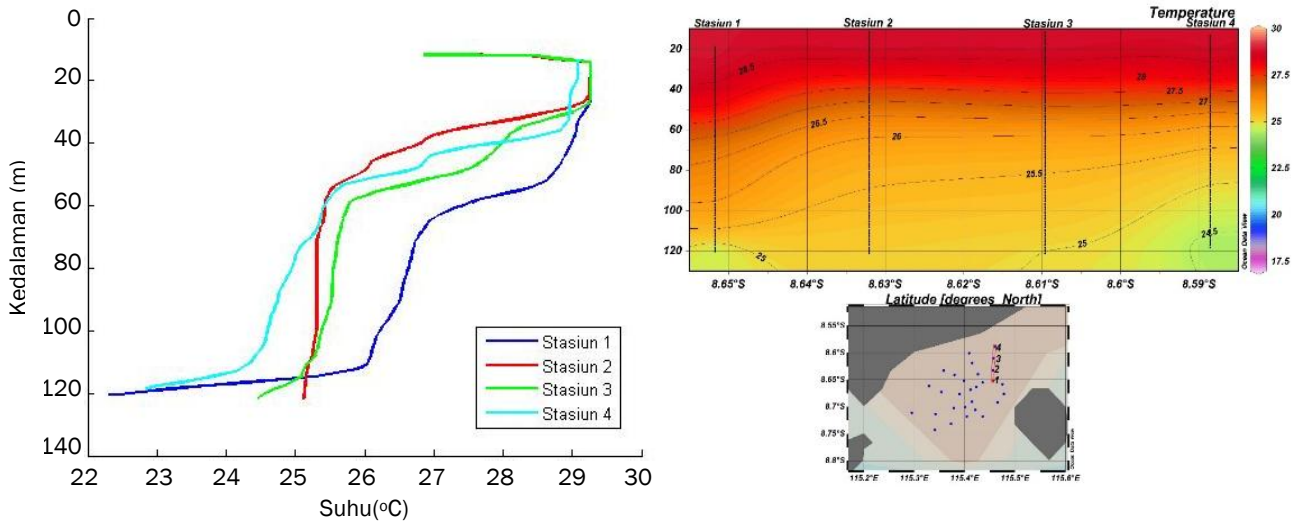
**Konsentrasi klorofil-a terhadap MLD**

Pengelompokkan MLD terhadap klorofil berdasarkan ketebalan terjadinya MLD, kelompok pertama dengan ketebalan 7-8 m dan kelompok kedua 20-40 m. Kelimpahan klorofil-a bervariasi di laut secara geografis maupun berdasarkan kedalaman perairan. Berdasarkan data yang diambil pada dua kedalaman, yaitu kedalaman 0 m dan kedalaman 50 m, konsentrasi klorofil-a di petakan secara horizontal.

Berdasarkan hasil pengamatan perubahan suhu dan salinitas terhadap kedalaman perairan di Selat Badung, maka profil vertikal suhu dan salinitas menunjukkan bahwa MLD bervariasi pada setiap stasiun. Pada stasiun 16 dan 29, MLD terdapat di kedalaman antara 0-23 m, dengan rata-rata ketebalan antara 7-8 m (Tabel 1), profil MLD pada stasiun ini terbentuk terkait dengan suhu dan salinitas yang diduga disebabkan karena massa air di perairan tersebut yang mengarah ke permukaan sebagai pengaruh pertemuan massa air pada kedalaman. Dengan demikian terbentuknya MLD di kedua stasiun tersebut berkaitan erat dengan kondisi fisika-kimia perairan.



**Gambar 2.** Hasil Pengamatan Suhu Secara Vertikal pada Transek 2 (Selatan)



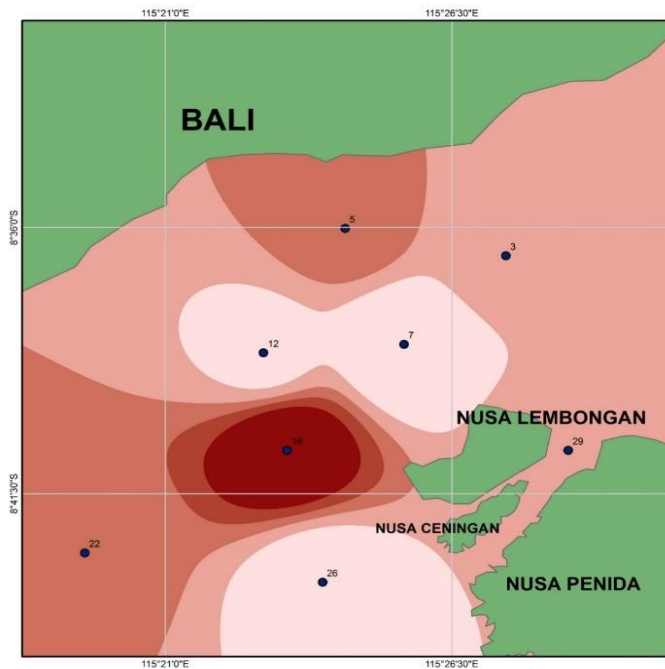
Gambar 3. Hasil Pengamatan Suhu Secara Vertikal pada Transek 6 (Utara)

Tabel 1. Data Klorofil-a ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) dan Pengelompokan MLD Berdasarkan Kedalaman (m)

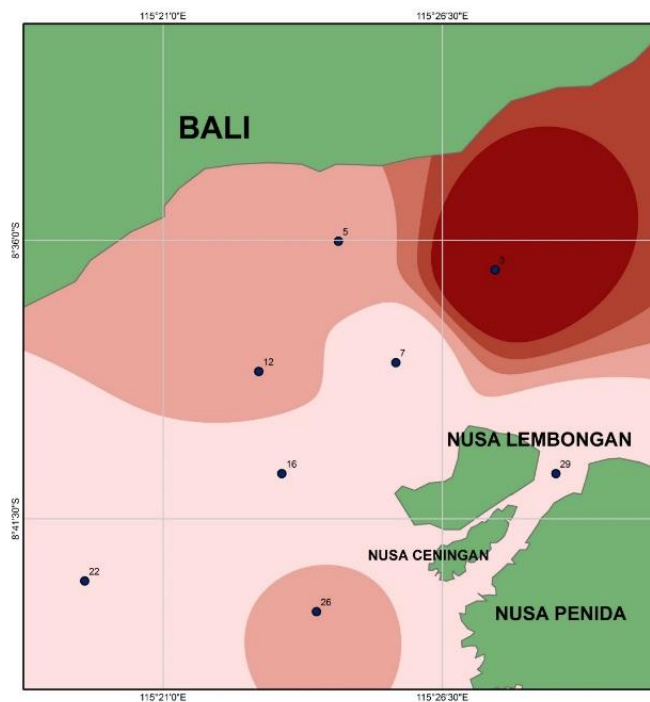
No	Kelompok MLD	Stasiun	Kedalaman terjadinya MLD (m)	Kedalaman	Klorofil-a ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )
1	1	ST 16	15-23	0 m	0,962
				50 m	0,162
2	1	ST 29	13-20	0 m	0,391
				50 m	0,170
3	2	ST 5	30-60	0 m	0,536
				50 m	0,450
4	2	ST 22	15-40	0 m	0,509
				50 m	0,280
5	2	ST 3	12-40	0 m	0,366
				50 m	0,971
6	2	ST 7	18-39	0 m	0,119
				50 m	0,221
7	2	ST 26	15-55	0 m	0,162
				50 m	0,332
8	2	ST 12	22-60	0 m	0,229
				50 m	0,391

Ketebalan MLD di Selatan lebih rendah dibandingkan di Utara lokasi penelitian, hal ini terkait erat dengan konsentrasi klorofil-a cenderung lebih besar pada kedalaman antara 12-60 m . Hal ini karena terjadi pengadukan yang membuat banyak nutrisi yang terkumpul pada lapisan tersebut, sehingga digunakan klorofil-a dalam fitoplankton untuk proses fotosintesis. Hal ini yang terlihat pada kelompok MLD pertama, pada stasiun 16 dan 29 dimana pada lapisan permukaan konsentrasi klorofil-a di permukaan lebih besar dibandingkan pada kedalaman karena ketebalan MLD yang terjadi hanya berkisar 7-8 m, sehingga

tidak mempengaruhi terkumpulnya konsentrasi klorofil-a pada kedalaman tertentu. Nontji (2002), menjelaskan bahwa pada kondisi dimana nilai konsentrasi klorofil-a lebih tinggi di permukaan, dimana hal terjadi karena adanya suplai nutrisi dari secara langsung melalui *run off* dari daratan, maka pada lapisan permukaan ini konsentrasi lebih dipengaruhi oleh *input* dari daratan. Dinginnya massa air perairan bagian selatan mengindikasikan kemungkinan terjadi pengangkatan massa air dalam ke permukaan yang dapat menyebabkan terkumpulnya klorofil-a lebih banyak di permukaan (Tubalawony et al., 2012).



Gambar 4. Sebaran Klorofil-a di Kedalaman 0 m



Gambar 5. Sebaran Klorofil-a di Kedalaman 50 m

Kondisi lain dapat dilihat pada Perairan Selatan Jawa, mulai bulan Juni umumnya nilai suhu permukaan laut (SPL) semakin turun dan klorofil-a semakin meningkat hingga mencapai puncak bulan Agustus atau September, kemudian berangsur normal kembali. Nilai suhu permukaan laut terendah ditemukan berkembang dari timur (Bali) pada bulan Juni bergerak ke barat hingga Jawa Barat di bulan

Oktober. Nilai klorofil-a tinggi berkembang sesuai perkembangan suhu terendah, namun nilai klorofil-a tertinggi umumnya bergerak tidak sesuai dengan perkembangan SPL terendah (Kunarso et al., 2011)

Selanjutnya pada kelompok yang kedua MLD yang berkisar pada kedalaman 0-60 m pada stasiun 3, 7 dan 22 dengan rata-rata ketebalan 21-28 m

dan stasiun 5, 12 dan 26 dengan ketebalan berkisar antara 30-40 m. Lapisan homogen diduga terbentuk akibat arus yang berasal dari pengadukan massa air oleh arus pada lapisan dalam dan kedalaman perairan yang cenderung lebih dalam.

Pada kelompok MLD yang kedua, yang terdiri dari stasiun 5 dan 22 menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a lebih tinggi di permukaan, namun MLD terjadi hingga kedalaman 60 m dengan ketebalan 25 m dan 30 m yang menunjukkan bahwa proses pengadukan pada kedalaman perairan berperan terhadap terbentuknya MLD, konsentrasi klorofil-a dan intensitas cahaya, yang terkait dengan proses produktivitas primer. Hal ini menurut Monterey dan deWitt (2000) terjadi berdasarkan tingginya konsentrasi nutrisi melalui proses fisik massa air, dimana pada kedalaman tertentu nutrisi terkumpul akibat proses *mixing* kemudian bersama massa air terbawa dari lapisan dalam ke lapisan permukaan.

Selanjutnya pada stasiun 3, 7, 12 dan 26 menunjukkan konsentrasi klorofil-a yang lebih besar pada lapisan yang lebih dalam. Konsentrasi klorofil-a paling besar berada pada stasiun 3 yaitu 0,971 µg/l pada kedalaman 50 m. Sehingga ketebalan dari MLD berpengaruh pada tingginya konsentrasi dari klorofil-a, ketika semakin banyak lapisan homogen yang terbentuk pada transek tersebut (Gambar 2), maka terjadi banyak pengadukan yang menimbulkan terkonsentrasinya kandungan nutrisi. Nutrien yang melimpah di selatan Bali karena pengaruh *upwelling* muson dan pengangkatan oleh arus pusing inilah yang diduga kuat memicu meningkatnya kadar klorofil-a permukaan laut (Kunarjo *et al.*, 2011). Hal tersebut menyebabkan terjadinya pencampuran massa air dengan tingkat homogenitas yang tinggi, sampai pada kedalaman terjadinya termoklin. Hal ini yang menyebabkan klorofil-a yang berada di permukaan terbawa sampai ke lapisan yang lebih dalam karena proses turbulensi, sehingga kandungan klorofil-a di lapisan dalam cukup tinggi

## Kesimpulan

Persebaran suhu, salinitas dan kedalaman membentuk profil MLD terjadi pada kedalaman yang bervariasi, pada kelompok 1 MLD dengan kedalaman perairan 13 - 20 m konsentrasi klorofil-a dengan MLD yang terdapat di lapisan permukaan perairan mempunyai konsentrasi lebih tinggi dibandingkan lapisan perairan yang lebih dalam. Kelompok kedua, yaitu MLD terdapat pada kedalaman perairan sekitar 12 - 60 m, konsentrasi klorofil-a pada perairan yang lebih dalam menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a di lapisan

permukaan lebih rendah dibandingkan lapisan dibawahnya. Namun pada beberapa stasiun, konsentrasi klorofil-a lebih tinggi di permukaan dibandingkan pada kedalaman yang terdapat lapisan homogen, diduga akibat proses pengadukan massa air.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh tim survey, Balitbang KP dan DISHIDROS-AL. Kegiatan penelitian ini merupakan hasil pengukuran oleh Tim Survei Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir (P3SDLP), Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan yang didanai oleh DIPA P3SDLP tahun 2014.

## Daftar Pustaka

- Godfrey, J.S. 1996. The effect of the Indonesian throughflow on ocean circulation and heat exchange with the atmosphere: A review. *J. Geophysical Res.* 101:12-217. doi:10.1029/95JC03860
- Gordon, A.L. 2001. Interocean exchange, in *Ocean Circulation and Climate: Observing and Modeling the Global Ocean*, Int. Geophys. Ser., vol. 77, Edited by G. Siedler, J. Church, and J. Gould, pp. 303-314, Elsevier, New York
- Hirst, A.C. & J.S. Godfrey. 1993. The role of Indonesian throughflow in a global ocean GCM. *J. Phys. Oceanogr.* 23(6):1057-1086. doi:10.1175/1520-0485(1993)023<1057:TROI>2.0.CO;2
- Kunarjo, S. Hadi, N.S. Ningsih & M.S. Baskoro. 2011. Variabilitas Suhu dan Klorofil-a di Daerah *Upwelling* pada Variasi Kejadian ENSO dan IOD di Perairan Selatan Jawa sampai Timor. *Ilmu Kelautan.* 16(3):171-181.
- Monterey, G.I. & L.M. deWitt. 2000. Seasonal Variability of Global Mixed Layer Depth from WOD98 Temperature and Salinity Profiles. NOAA, Pacific Grove, CA, 61 p.
- Nontji, A. 2002. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan. Jakarta, 367 hlm.
- Pranowo, S.W., A.R.T.D. Kuswardani, T.L. Kepel, U.R. Kadarwati, S. Makarimdan & S.Husrin. 2006. Ekspedisi INSTANT 2003-2005: Menguak Arus Lintas Indonesia. Jakarta: Pusat Riset Wilayah

- Laut dan Sumberdaya Non-hayati, BRKP, 17-20 hlm.
- Purwandana, A., M. Purba & A.S. Atmadipoera. 2014. Distribusi Percampuran Turbulen di Perairan Selat Alor. *Ilmu Kelautan*. 19(1):43-54.
- Risamasu, F.J.L. & H.B. Prayitno. 2012. Kajian Zat Hara Fosfat, Nitrit, Nitrat dan Silikat di Perairan Kepulauan Matasiri, Kalimantan Selatan. *Ilmu Kelautan*. 16(3): 135-142.
- Thorpe, S.A. 2007. An Introduction to Ocean Turbulence. Cambridge: Cambridge University Press, 264 p.
- Tubalawony, S. 2007. Dinamika Massa Air Lapisan Ekman Perairan Selatan Jawa- Sumbawa Selama Muson Tenggara. *Torani*. 18:148-159.
- Tubalawony, S., E. Kusmanto & Muhadjirin. 2012. Suhu dan Salinitas Permukaan Merupakan Indikator Upwelling Sebagai Respon Terhadap Angin Muson Tenggara di Perairan Bagian Utara Laut Sawu. *Ilmu Kelautan*. 17(4): 226-239.
- Vranes, K. & A.L. Gordon. 2005. Comparison of Indonesian throughflow transport observations, Makassar Strait to eastern Indian Ocean. *Geophys. Res. Lett.* 32(10):1-5. doi:10.1029/2004GL02215.
- Wibowo, E., Yudiati, E., Suryono, S., & T. Retnowati. 2004. Kandungan Klorofil-a pada Diatome Epipelik di Sedimen Ekosistem Mangrove. *Ilmu Kelautan*. 9(4):125-129.
- Wijesekera, H.W. & M.C. Gregg. 1996. Surface Layer Response to Weak Winds, Westerly Bursts and Rain Squalls in the Western Pacific Warm Pool. *J. Geophys. Res.* 101: 977-997. doi:10.1029/95JC02553