
**KAJIAN KEDALAMAN *MIXED LAYER* DAN TERMOKLIN
KAITANNYA DENGAN MONSUN DI PERAIRAN SELATAN
PULAU JAWA**

Kartika Nofiyanti^{*)}, Kunarso^{*)}, A. Rita Tisiana D. K.^{*)}

^{*)} Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto, S.H, Tembalang, Semarang. 50275 Telp/fax (024)7474698

Email : kartikanofi11@gmail.com ; kunarsojpr@yahoo.com;

anastasia.tisiana@gmail.com

Abstrak

Perairan Selatan Jawa merupakan salah satu perairan yang dipengaruhi oleh beberapa fenomena oseanografi, salah satunya yaitu sistem angin monsun yang menyebabkan adanya dinamika suhu vertikal. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji variabilitas kedalaman *mixed layer* dan termoklin serta kaitannya dengan monsun di perairan selatan Jawa. Penelitian ini menggunakan data suhu vertikal bulanan yang diperoleh dari data model HYCOM selama bulan Juni 2013 – Mei 2015, data suhu vertikal dari CTD yang diukur oleh Balitbang KP pada tanggal 22 September – 1 Oktober 2013, data angin dari ECMWF dan data arus dari My Ocean selama bulan Juni 2013 – Mei 2015. Pengolahan data kedalaman *mixed layer* dan termoklin dilakukan dengan meratakan suhu dari data model HYCOM yang dirata-rata setiap musimnya dan dihitung gradien suhunya. Batas bawah *mixed layer* dan termoklin ditentukan berdasarkan nilai gradien suhu yang lebih dari 0,05 °C/m. Hasil penelitian menunjukkan secara temporal kedalaman batas bawah *mixed layer* paling dalam terjadi pada musim timur dan kedalaman batas bawah termoklin paling dalam terjadi pada musim barat. Secara melintang, kedalaman batas bawah *mixed layer* semakin dalam menuju laut lepas terjadi pada musim timur dan peralihan II, sedangkan pada musim barat dan peralihan I kedalaman batas bawah *mixed layer* semakin dangkal menuju laut lepas. Secara membujur kedalaman batas bawah *mixed layer* paling dalam terjadi pada transek A (selatan Jawa Barat) dan yang terdangkal pada transek C (selatan Jawa Timur). Kedalaman batas bawah termoklin paling dalam terjadi di transek C (selatan Jawa Timur) pada musim timur dan musim peralihan II, sedangkan yang paling dangkal terjadi di transek A (selatan Jawa Barat) pada musim barat dan peralihan I.

Kata Kunci: *Mixed layer*, termoklin, kedalaman, monsun, perairan selatan Pulau Jawa

Abstract

Indian Ocean along the south of Java Island coast dominantly forced by monsoon system. The monsoon system generate the dynamics of vertical temperature. This research is conducted to study the variability of mixed layer and thermocline and its relation to the monsoon system. Temperature from HYCOM data model during June 2013 – May 2015, CTD data measured by Balitbang KP on 22 September – 1 October 2013, wind data from ECMWF and current data from My Ocean during June 2013 – May 2015 are used for this study. Seasonal averaged of temperature and its gradient are calculated to get the profile. The lower limit of the mixed layer and the thermocline is determined based on the value of the temperature gradient is more than 0.05 °C/m. The data is analyzed based on insitu data transect (A, B and C). Results from temporal vertical temperature shown that the lower limit of mixed layer occurred in south east monsoon (SEM) and lower limit of the thermocline occurred in north west monsoon (NWM). During SEM and transition II, mixed layer depth is deeper towards the sea. During NWM and transition I, mixed layer depth is shallower towards the sea. The deepest mixed layer depth also shown in transect A (southern West Java) and the most shallow shown on transect C (southern East Java), The deepest lower limit of thermocline in transect C (southern East Java) during SEM and transition II, whereas the shallowest lower limit of thermocline occurred in transect A (southern West Java) during NWM and transition I.

Keywords: *Mixed layer, thermocline, depth, monsoon, south of Java*

1. Pendahuluan

Perairan Selatan Jawa merupakan salah satu perairan yang dipengaruhi oleh beberapa fenomena oseanografi, salah satunya yaitu sistem angin monsun yang memiliki pola sirkulasi massa air yang bervariasi pada setiap musimnya. Adanya angin monsun di perairan ini disebabkan karena perbedaan tekanan udara antara Asia Tenggara dan Australia (Illahude dan Nontji, 1999). Perbedaan pola angin monsun di Indonesia mempengaruhi perubahan parameter oseanografi, salah satunya yaitu suhu perairan (Wyrski, 1961).

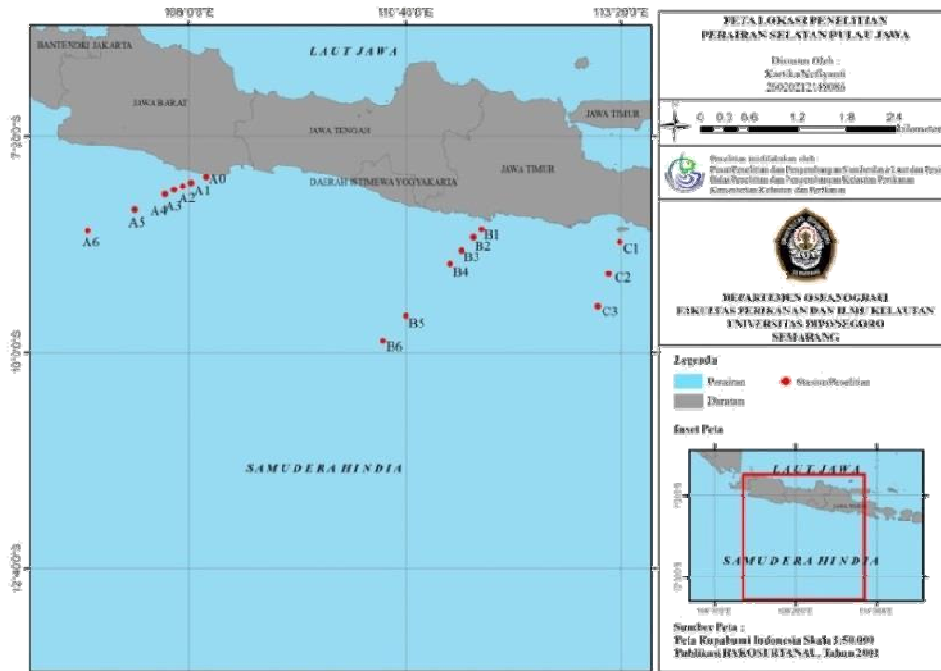
Suhu perairan secara vertikal dibagi menjadi tiga lapisan yaitu lapisan tercampur (*mixed layer*), lapisan termoklin dan lapisan dalam. Kedalaman *mixed layer* ditandai dengan nilai suhu terhadap kedalaman mendekati nilai yang sama dengan permukaan akibat turbulensi oleh gelombang dan *stress* angin di permukaan laut (Wijesekera dan Gregg, 1996). *Mixed layer* terjadi karena adanya pengadukan massa air oleh angin, arus dan pasang surut di permukaan laut yang menyebabkan suhu di lapisan tersebut cenderung sama atau homogen (Tubalawony, 2007). Kedalaman termoklin dicirikan dengan perubahan suhu yang sangat drastis terhadap kedalaman. Gradien densitas yang sangat besar menyebabkan massa air di lapisan atas termoklin tidak mudah bercampur dengan massa air di bawah lapisan termoklin (Illahude dan Nontji, 1999).

Perairan selatan Pulau Jawa memiliki beberapa fenomena yang dapat mempengaruhi perubahan sirkulasi massa air seperti *upwelling* – *downwelling* dan proses *eddy* (Maartono, 2007). Pola sirkulasi massa air ini bergerak mengikuti sistem angin monsun sehingga memiliki pola sirkulasi massa air yang bervariasi antar musim (Sprintall *et al.*, 2009). Pergerakan massa air ini mempengaruhi sebaran suhu secara vertikal sehingga menyebabkan adanya variabilitas kedalaman *mixed layer* dan termoklin secara musiman (Bhatt, 1978). Pengetahuan mengenai kedalaman *mixed layer* dan termoklin memiliki arti yang sangat penting bagi industri perikanan tangkap terutama ikan tuna (Kunarto *et al.*, 2012). Barata *et al.* (2011) menjelaskan bahwa ikan tuna memerlukan suhu yang hangat pada *mixed layer* untuk memijah.

2. Materi dan Metode Penelitian

Materi penelitian terbagi menjadi dua yaitu materi utama dan materi penunjang. Materi utama berupa data model suhu vertikal dari situs HYCOM pada bulan Juni 2013 sampai Mei 2015 dan data pengukuran CTD secara *insitu* oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pantai (P3SDLP) Balai Penelitian dan Pengembangan Kelautan Perikanan (Balitbang KP) pada tanggal 22 September 2013 sampai 1 Oktober 2013 di perairan selatan Jawa. Data pengukuran CTD secara *insitu* digunakan sebagai data verifikasi kedalaman *mixed layer* dan termoklin antara data model HYCOM dengan data CTD. Materi penunjang berupa data angin bulanan yang diperoleh dari situs *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) dan data arus laut dari situs My Ocean selama bulan Juni 2013 – Mei 2015.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif. Penentuan lokasi pengambilan data suhu vertikal menggunakan CTD dilakukan oleh P3SDLP Balitbang KP dalam pelayaran MOMSEI pada tanggal 22 September – 1 Oktober 2013 di perairan selatan Jawa dengan koordinat 6° LS - 15° LS dan 105° BT - 115° BT. Titik lokasi penentuan lokasi pengambilan data CTD tersebut dibagi menjadi tiga transek yang dapat mewakili kondisi oseanografi di perairan tersebut yaitu transek A, B dan C.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Pengolahan data model suhu vertikal dari situs HYCOM dilakukan menggunakan *software Ferret 6.93 NOAA*, kemudian dirata-rata setiap musimnya. Data model suhu vertikal musiman diolah menggunakan *software ODV* untuk memperoleh profil suhu vertikal per transek. Kedalaman *Mixed Layer* dan termoklin diketahui dengan menghitung nilai gradien suhu.

Data suhu *insitu* dari CTD digunakan untuk verifikasi data model suhu dari situs HYCOM. Verifikasi data dilakukan untuk mengetahui keakuratan dan nilai kesalahan kedalaman batas bawah *mixed layer* (batas atas termoklin) dan batas bawah termoklin dari data model suhu. Nilai kesalahan data dihitung dengan menggunakan analisis statistik yaitu nilai CF (*Cost Function*). CF merupakan nilai *non-dimensional* yang menghitung perbedaan antara nilai-nilai model dengan data pengukuran lapangan menunjukkan kecocokan antara dua kumpulan data. Perhitungan CF menurut George *et al.* (2010) dengan rumus sebagai berikut:

Keterangan:

- N : jumlah data pengamatan
- n : nilai ke n, dengan n=1,2,3,...
- D : nilai pengamatan
- M : nilai model
- σ : standar deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (D - M)^2}{N}}$$

(rata-rata data pengamatan)

Data angin dan arus laut dari situs terkait diekstrak menggunakan *software ODV* menghasilkan komponen kecepatan angin dan arus dalam komponen u dan komponen v. Data tersebut dirata-ratakan pada masing-masing bulan dan musim, kemudian dikalkulasikan dengan persamaan gerak untuk mendapatkan kecepatan dan arah total. Data angin dan data arus ditampilkan dalam bentuk *wind rose* dan *current rose* untuk melihat arah dan kecepatan dominan.

3. Hasil dan Pembahasan

Verifikasi Data Model dan Data CTD

Perhitungan verifikasi data menggunakan *cost function* antara hasil pengolahan kedalaman *mixed layer* (batas atas termoklin) dan batas bawah termoklin antara data model HYCOM dan data pengukuran CTD di lapangan. Hasil perhitungan nilai *cost function* (CF) kedalaman *mixed layer* (batas atas termoklin) antara data model dengan data pengukuran CTD di lapangan sebesar 0,887, sedangkan hasil perhitungan nilai *cost function* (CF) kedalaman batas bawah termoklin antara data model dan data pengukuran CTD yaitu 0,949.

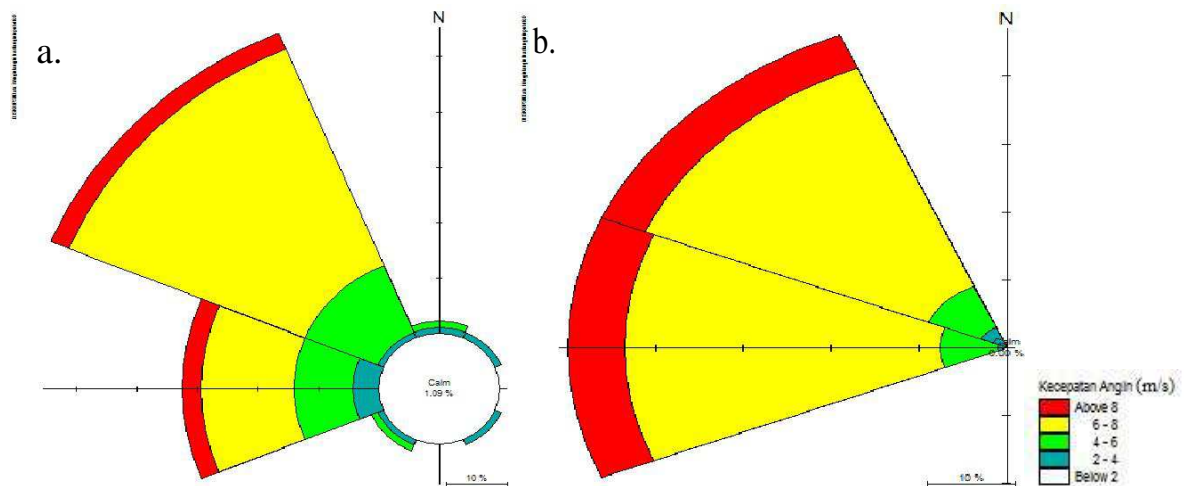
Variabilitas Kedalaman *Mixed Layer* dan Termoklin secara Temporal

Variabilitas kedalaman batas bawah *mixed layer* atau batas atas termoklin secara temporal menunjukkan kedalaman kedalaman batas bawah *mixed layer* atau batas atas termoklin terdalam terjadi pada musim timur dengan rerata 69 meter, sedangkan kedalaman terdangkal terjadi pada musim peralihan II dengan rerata 46 meter.

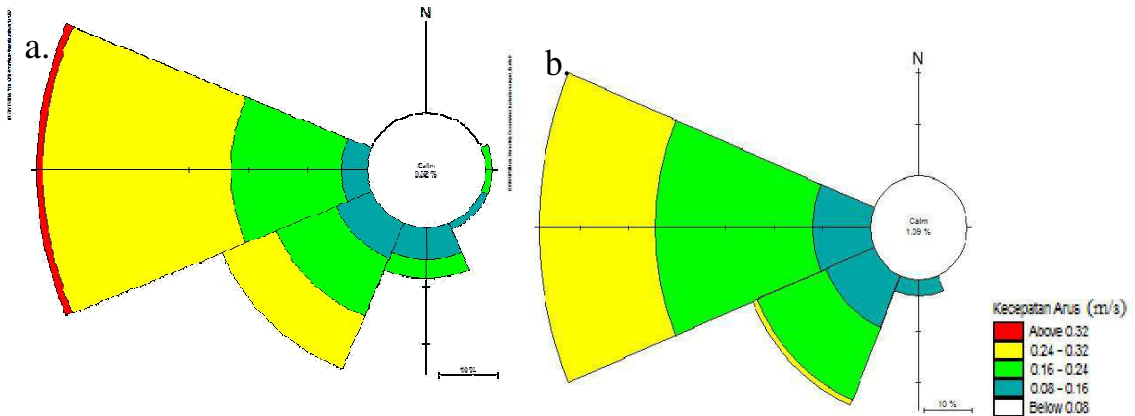
Tabel 1. Variabilitas Kedalaman *Mixed Layer* dan Termoklin secara Temporal di Perairan Selatan Jawa

| Rata-rata kedalaman | Musim Timur | Musim Peralihan II | Musim Barat | Musim Peralihan I |
|------------------------------------|-------------|--------------------|-------------|-------------------|
| Batas Bawah <i>Mixed Layer</i> (m) | 69 | 46 | 65 | 49 |
| Batas Bawah Termoklin (m) | 217 | 202 | 227 | 200 |

Kedalaman batas bawah *mixed layer* paling dalam pada musim timur tampak terkait dengan kecepatan angin dan arus laut. Kecepatan angin dan arus dominan pada musim timur lebih besar dibandingkan pada musim lainnya yaitu kisarannya 6 – 8 m/s dan kisaran kecepatan arus laut 0,24 – 0,32 m/s. Menurut Laevastu dan Hela (1981), kecepatan angin dan arus laut yang tinggi menyebabkan proses pengadukan massa air yang kuat, sehingga lapisan termoklin terangkat. Hal inilah yang menyebabkan kedalaman batas bawah *mixed layer* dan kedalaman batas atas termoklin menjadi paling dalam pada musim timur.



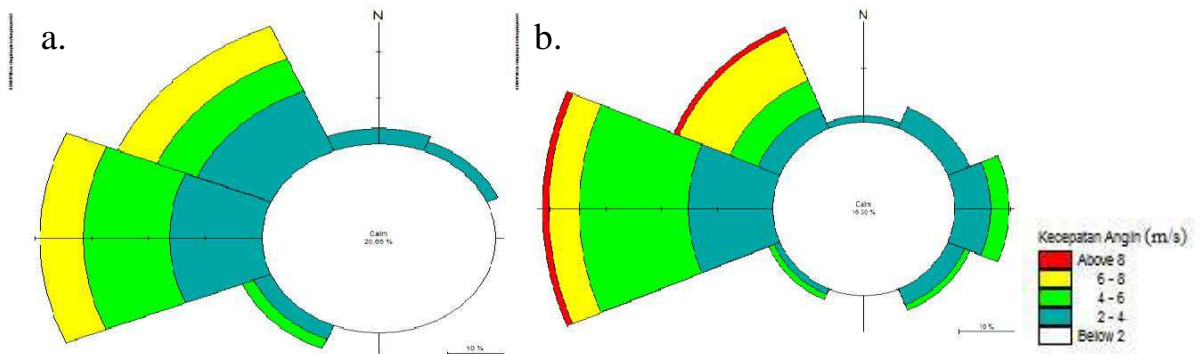
Gambar 2. Dominasi Arah dan Kecepatan Angin di Perairan Selatan Jawa pada (a) Musim Timur Tahun 2013 (b) Musim Timur Tahun 2014



Gambar 3. Dominasi Arah dan Kecepatan Arus di Perairan Selatan Jawa pada (a) Musim Timur Tahun 2013 (b) Musim Timur Tahun 2014

Kedalaman batas bawah *mixed layer* dan kedalaman batas atas termoklin terdangkal terjadi pada musim peralihan II diduga berkaitan dengan terjadinya *upwelling* yang disebabkan oleh mekanisme transpor Ekman. Transpor Ekman terjadi akibat adanya angin yang berhembus sejajar garis dan menimbulkan transpor massa air dari permukaan sampai dengan kedalaman Ekman yang arahnya ke kiri angin di belahan bumi selatan (BBS) akibat pengaruh gaya *coriolis* (Gordon *et al.*, 2008). Arah arus pada musim peralihan II di selatan Jawa ini bergerak ke arah laut lepas dan terjadi kekosongan massa air di dekat pantai, sehingga massa air dari lapisan dalam naik ke permukaan mengisi kekosongan massa air di permukaan. Kenaikan massa air ke permukaan laut inilah yang mengakibatkan terjadinya *upwelling*.

Kedalaman batas bawah termoklin terdalam terjadi pada musim barat dengan rerata 227 meter dan terdangkal terjadi pada musim peralihan I dengan rerata 200 meter. Kedalaman batas bawah termoklin paling dalam pada musim barat ini diduga terkait dengan terjadinya transport Ekman yang menyebabkan terjadinya *downwelling*. Transpor Ekman pada musim barat di perairan selatan Jawa terjadi akibat adanya angin sejajar garis pantai menggerakkan massa air ke kiri mendekati pantai akibat pengaruh gaya *coriolis*, sehingga terjadi penumpukan massa air di dekat pantai. Massa air di dekat pantai turun ke lapisan bawah, sehingga terjadi proses *downwelling*. Proses *downwelling* mengakibatkan kedalaman batas bawah termoklin semakin dalam. Sebaliknya, kedalaman batas bawah termoklin paling dangkal pada musim peralihan I tampak terduga berkaitan dengan kecepatan angin pada musim peralihan I yang sangat rendah yaitu berkisar dibawah 2 m/s. Hal ini sesuai dengan pernyataan Laevastu dan Hela (1981) bahwa kecepatan angin yang rendah menyebabkan dangkalnya kedalaman batas bawah termoklin.



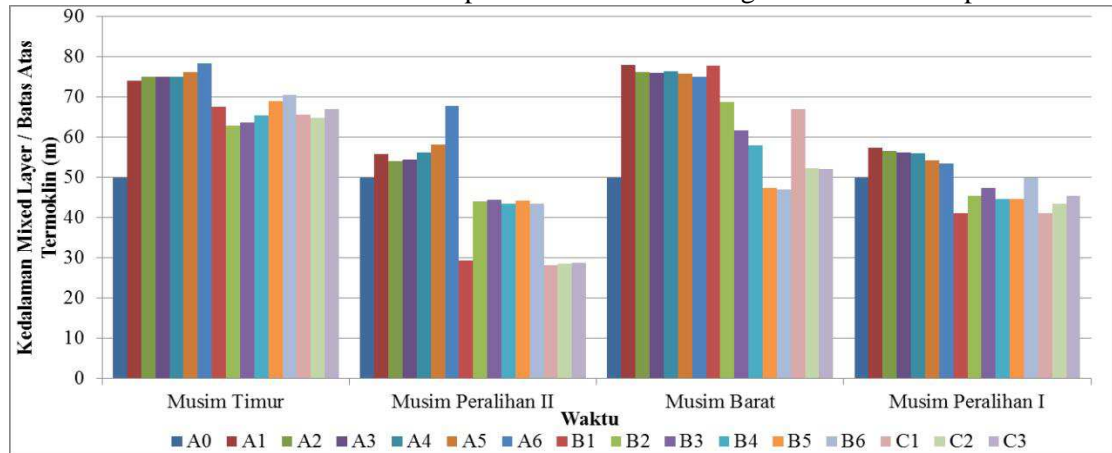
Gambar 4. Dominasi Arah dan Kecepatan Angin di Perairan Selatan Jawa pada (a) Musim Peralihan I Tahun 2014 (b) Musim Peralihan I Tahun 2015

Variabilitas Kedalaman *Mixed Layer* dan Termoklin pada Variasi Lintang

Kedalaman batas bawah *mixed layer* dan batas atas termoklin semakin dangkal di

pantai dan semakin dalam di laut lepas terjadi pada musim timur dan peralihan II,

sedangkan pada musim barat dan peralihan I, kedalaman batas bawah *mixed layer* dan batas atas termoklin semakin dalam di pantai dan semakin dangkal ke arah laut lepas.

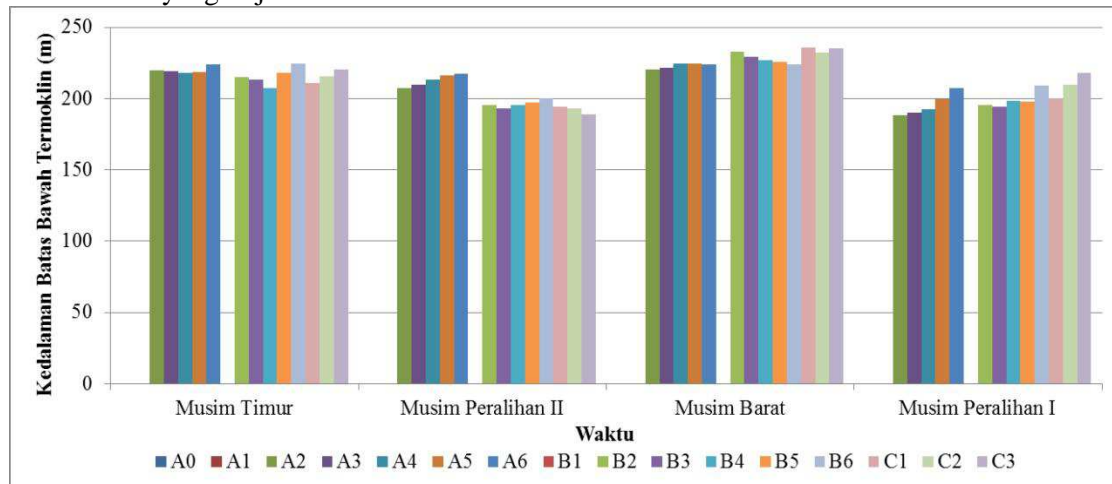


Gambar 5. Tren Kedalaman Batas Bawah *Mixed Layer* (Batas Atas Termoklin) pada Variasi Lintang di Perairan Selatan Jawa

Kedalaman batas bawah *mixed layer* dan batas atas termoklin semakin dangkal di pantai dan semakin dalam di laut lepas terjadi pada musim timur dan peralihan II diduga berkaitan dengan arus yang bergerak menjauhi pantai sehingga menyebabkan massa air di wilayah yang lebih dekat dengan daratan mengalami kekosongan yang kemudian diisi oleh massa air dari lapisan bawah. Proses pengisian massa air ini menyebabkan naiknya lapisan batas atas termoklin atau mendangkalnya batas bawah *mixed layer*. Hal inilah yang menjadikan lapisan batas bawah *mixed layer* di dekat pantai lebih dangkal daripada yang di lepas pantai (jauh dari daratan).

Kedalaman batas bawah *mixed layer* semakin dalam di pantai dan semakin dangkal di laut lepas pada musim barat dan peralihan I tampak terkait dengan arus bergerak mendekati pantai yang menyebabkan penumpukan massa air di wilayah yang dekat dengan pantai. Proses ini menyebabkan *downwelling* di wilayah yang dekat dengan pantai, sehingga mengakibatkan penurunan kedalaman batas bawah *mixed layer* dan batas atas termoklin di wilayah yang dekat dengan pantai. Hal inilah yang menyebabkan kedalaman batas bawah *mixed layer* dan batas atas termoklin di wilayah yang dekat pantai lebih dalam daripada di laut lepas.

Kedalaman batas bawah termoklin dari pantai menuju laut lepas semakin dalam hampir semua musim, kecuali pada musim peralihan II yang terjadi di transek C dan pada musim barat yang terjadi di transek B.



Gambar 6. Tren Kedalaman Batas Bawah Termoklin pada Variasi Lintang di Perairan

Selatan Jawa

Kedalaman batas bawah termoklin yang semakin dangkal menuju laut lepas di transek C diduga terjadi akibat adanya arus *Eddy* siklon pada kedalaman 186,1 meter yang bergerak melingkar searah jarum jam di laut dalam transek C. Arus *eddy* siklon adalah arus yang bergerak melingkar searah jarum jam (Mbay dan Nurjana, 2011). Arus *Eddy* siklon menyebabkan terjadinya divergensi, sehingga terjadi kekosongan massa air di wilayah tersebut. Massa air di lapisan bawah naik mengisi kekosongan massa air di lapisan atas, sehingga kedalaman batas bawah termoklin cenderung mendangkal. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tomczack (2000). Sedangkan kedalaman batas bawah termoklin semakin dangkal menuju laut lepas pada musim barat di transek B diduga berkaitan dengan arus yang bergerak mendekati pantai pada kedalaman 186,1 meter. Arus yang bergerak mendekati pantai menyebabkan penumpukkan massa air di wilayah yang dekat dengan pantai. Proses ini menyebabkan terjadinya *downwelling*, sehingga kedalaman batas termoklin menjadi dangkal. Hal ini sesuai dengan riset yang dilakukan Kunarso *et al.*, (2012).

Variabilitas Kedalaman *Mixed Layer* dan Termoklin pada Variasi Bujur

Kedalaman batas bawah *mixed layer* atau batas atas termoklin transek A (selatan Jawa Barat) cenderung paling dalam dan transek C (selatan Jawa Timur) cenderung paling dangkal pada semua musim. Dangkalnya kedalaman batas bawah *mixed layer* dan batas atas termoklin diduga terjadi akibat adanya transpor Ekman. Transpor Ekman terjadi akibat adanya angin sejajar garis pantai menggerakkan massa air ke arah kiri menuju laut lepas karena dipengaruhi gaya *coriolis*. Hal ini menyebabkan terjadinya kekosongan massa air di daerah dekat pantai, sehingga massa air di lapisan bawah naik ke permukaan laut, sehingga terjadi fenomena *upwelling* yang mengakibatkan kedalaman batas bawah *mixed layer* dan batas atas termoklin di transek C cenderung mendangkal. Disamping itu, di wilayah transek C juga terjadi arus *Eddy siklon*. Arus *Eddy* siklon di wilayah transek C (selatan Jawa Timur) pada bulan Juni sampai Desember 2013. Arus *Eddy* siklon yang bergerak melingkar searah jarum jam menyebabkan terjadinya divergensi di wilayah tersebut dan terjadi kekosongan massa air di permukaan laut, sehingga massa air di lapisan bawah naik mengisi kekosongan massa air permukaan laut. Naiknya massa air ke permukaan laut menyebabkan kedalaman batas bawah *mixed layer* atau batas bawah termoklin semakin terangkat (Tomczack, 2000), hal inilah yang menjadikan kedalaman batas bawah *mixed layer* pada transek C lebih dangkal dibandingkan transek lainnya.

Tabel 2. Rata-rata Kedalaman Batas Bawah *Mixed Layer* (Batas Atas Termoklin) pada Variasi Transek

| Rata-rata Kedalaman per Transek | Transek A (m) | Transek B (m) | Transek C (m) |
|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Musim Timur | 72 | 66 | 66 |
| Musim Peralihan II | 57 | 42 | 29 |
| Musim Barat | 73 | 60 | 57 |
| Musim Peralihan II | 55 | 46 | 43 |

Kedalaman batas bawah termoklin paling dangkal di transek A (selatan Jawa Barat) dan paling dalam di transek C (selatan Jawa Timur) terjadi pada musim barat dan peralihan I, sedangkan pada musim timur dan musim peralihan II kedalaman batas bawah termoklin paling dalam di transek A (selatan Jawa Barat) dan paling dangkal di transek C (selatan Jawa Timur).

Tabel 2. Rata-rata Kedalaman Batas Bawah Termoklin pada Variasi Transek

| Rata-rata Kedalaman per Transek | Transek A (m) | Transek B (m) | Transek C (m) |
|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Musim Timur | 220 | 216 | 216 |

Musim Peralihan II

213

196

192

| | | | |
|--------------------|-----|-----|-----|
| Musim Barat | 223 | 228 | 235 |
| Musim Peralihan II | 196 | 199 | 209 |

Kedalaman batas bawah termoklin paling dalam di transek C (selatan Jawa Timur) pada musim barat dan peralihan I diduga karena pola arus pada kedalaman 186,1 meter di transek C bergerak menuju pantai, sehingga terjadi penumpukan massa air di wilayah dekat pantai. Proses ini menyebabkan terjadinya *downwelling* yang mengakibatkan kedalaman batas bawah termoklin menjadi lebih dalam.

Kedalaman batas bawah termoklin paling dangkal di transek C (selatan Jawa Timur) pada musim timur dan peralihan II diduga terjadi akibat adanya arus *Eddy* siklon pada musim timur dan peralihan II di sekitar perairan selatan Jawa Timur. Arus *Eddy* siklon yang bergerak searah jarum jam ini mengakibatkan terjadinya divergensi dan kekosongan massa air lapisan atas di wilayah tersebut, sehingga massa air di lapisan bawah naik dan mengisi kekosongan massa air di lapisan atas yang menjadikan lapisan termoklin semakin dangkal. Proses ini menyebabkan terjadinya *upwelling*, sehingga kedalaman batas bawah termoklin pada transek C lebih dangkal dibandingkan transek A dan B pada musim timur dan peralihan II. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tomczack yang menjelaskan bahwa proses *upwelling* menyebabkan lapisan termoklin menjadi terangkat (Tomczack, 2000). Selain itu, dangkalnya kedalaman batas bawah termoklin di transek C pada musim timur dan peralihan II juga disebabkan oleh arus yang bergerak menjauhi pantai di sekitar selatan Jawa Timur. Arus yang bergerak menjauhi pantai menyebabkan terjadinya kekosongan massa air di daerah dekat pantai, sehingga massa air dari lapisan bawah naik mengisi kekosongan massa air di lapisannya. Hal ini menyebabkan kedalaman batas bawah termoklin semakin dangkal di transek C (selatan Jawa Timur).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data kedalaman *mixed layer* dan termoklin di perairan selatan Jawa diperoleh kesimpulan bahwa variabilitas kedalaman *mixed layer* dan termoklin berubah mengikuti pola monsun. Kedalaman batas bawah *mixed layer* secara temporal paling dalam terjadi pada musim timur dan kedalaman batas bawah termoklin paling dalam terjadi pada musim barat. Secara melintang, kedalaman batas bawah *mixed layer* semakin dalam menuju laut lepas terjadi pada musim timur dan peralihan II, sedangkan pada musim barat dan peralihan I kedalaman batas bawah *mixed layer* semakin dangkal menuju laut lepas. Secara membujur kedalaman batas bawah *mixed layer* paling dalam terjadi pada transek A (selatan Jawa Barat) dan yang terdangkal pada transek C (selatan Jawa Timur), sedangkan batas bawah termoklin paling dalam terjadi di transek C (selatan Jawa Timur) dan yang paling dangkal terjadi di transek A (selatan Jawa Barat) pada musim barat dan peralihan I.

Daftar Pustaka

- Balitbang KP. 2013. Titik Lokasi Pengambilan Data CTD Pelayaran MOMSEI Periode 22 September – 1 Oktober 2013. Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan Perikanan. Jakarta.
- Bhatt, J.J. 1978. Oceanography : Exploring the Planet Ocean. Litton Education Publishing, Inc. 314 p.
- George, M.S., O.M Johannessen dan A. Samuelsen. 2010. Validation of A Hybrid Coordinate Ocean Model for the Indian Ocean. Journal of Operational Oceanography., 3(2): 25-38.
- Gordon, A.L, R. D. Susanto, A. F. Field, B. A. Huber, W. Pranowo, S. Wirasantosa.

2008. Makassar Strait Throughflow 2004 to 2006. *J. Geophys. Res.*, 35: 1-5.

- Illahude, A. G dan Nontji, A. 1999. Oseanografi Indonesia dan Perubahan Iklim Global (El Nino dan La Nina). Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Kunarso, S. Hadi, N.S. Ningsih dan M. S. Baskoro. 2012. Perubahan Kedalaman dan Ketebalan Termoklin pada Variasi Kejadian ENSO, IOD dan Monsun di Perairan Selatan Jawa Hingga Pulau Timor. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 17(2): 87-98.
- Martono, Halimurrahman, R. Komarudin, Syarief, S. Priyanto, D. Nugraha. 2007. Studi Variabilitas Lapisan Atas Perairan Samudera Hindia Berbasis Model Laut. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. Bandung.
- Mbay L. N. dan I. W. Nurjana. 2011. Arus Pantai Jawa Pada Muson Barat Laut dan Tenggara Di Barat Daya Sumatera. *Widyariset*, 17(2): 469-477.
- Laevastu, T. and Hayes. 1981. *Fisheries Oceanography and Ecology*. London : Fishing News Books. Ltd.
- Sprintall, J., S. E. Wijffels, R. Molcard and I. Jaya. 2009. Direct estimates of the Indonesian Throughflow entering the Indian Ocean: 2004 – 2006. *J. Geophys. Res.*, 114. C07001.
- Supangat, A. dan Susanna. 2003. *Pengantar Oseanografi*. Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Non-Hayati, Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Jakarta.
- Tomzack, M. 2000. *An Introduction An Physical Oceanography*. The Flinders University of South Australia. Australia. 429 pp.
- Tubulawony, S. 2007. Dinamika Massa Air Lapisan Ekman Perairan Selatan Jawa-Sumbawa Selama Muson Tenggara. *Jurnal Torani*, 18: 148-159.
- Wijesekera, H.W. dan M.C. Gregg, 1996. Surface Layer Response to Weak Winds, Westerly Bursts and Rain Squalls in the Western Pasific Warm Pool. *J. Geophys. Res.*, 101: 977-997.
- Wyrtki, K. 1961. *Physical Oceanography of The Southeast Asian Water*. NAGA Report Vol 2 Scripps Inst. Oceanography. The University of California. La Jolla, California.