

---

## PENGARUH LAPISAN TERMOKLIN TERHADAP KANDUNGAN OKSIGEN TERLARUT DI SAMUDERA HINDIA BAGIAN TIMUR

Sara Maylin Flora, Heryoso Setiyono, A.Rita Tisiana\*)

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H, Tembalang Semarang. 50275 Telp/fax (024)7474698  
Email : [heryoso@yahoo.com](mailto:heryoso@yahoo.com); [anastasia.tisiana@gmail.com](mailto:anastasia.tisiana@gmail.com)

### Abstrak

Perairan Samudera Hindia bagian Timur dipengaruhi oleh sistem angin monsun yang mengakibatkan terjadinya *upwelling*. *Upwelling* yang terjadi mengakibatkan terjadinya variabilitas lapisan termoklin, *upwelling* yang terjadi juga mempengaruhi tinggi rendahnya parameter pendukung dalam produktivitas primer di perairan yakni oksigen terlarut yang perlu dikaji lebih lanjut untuk memberikan gambaran mengenai kaitan lapisan termoklin dengan oksigen terlarut di daerah tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh lapisan termoklin dan peran *upwelling* yang mempengaruhi tinggi rendahnya oksigen terlarut di Samudera Hindia bagian Timur (Selatan Jawa), serta faktor – faktor yang mempengaruhi terjadinya *upwelling* di Selatan Jawa. Penelitian ini menggunakan data riset MOMSEI (*Monsoon Onset Monitoring for Social and Ecosystems Impact*) pada 22 September – 1 Oktober 2013. Data yang digunakan meliputi data kedalaman, suhu, salinitas, oksigen yang diukur menggunakan CTD pada tiga lajur yang berbeda dan diukur pada 16 titik stasiun di lapangan. Data sebaran suhu dan pola sirkulasi arus laut menggunakan data dari HYCOM (*Hybrid Coordinate Ocean Model*). Hasil penelitian menunjukkan kandungan oksigen terlarut memiliki nilai yang cukup tinggi yaitu 3.5-5.5ml/l pada daerah termoklin di 3 CTD yang berbeda.

**Kata Kunci** : Samudera Hindia, Lapisan Termoklin, Oksigen, *Upwelling*

### Abstract

The eastern Indian Ocean that consists of Western Sumatra to Southern Java is influenced by monsoon that results in *upwelling*. The *upwelling* causes the variability of thermocline layer, it's also affects the value of supporting parameters in primary productivity such as dissolved oxygen, which needs to be examined to be able to illustrate the correlation between thermocline layer to the dissolved oxygen in that area. The research was aimed to analyze the influence of thermocline layer and the role of *upwelling* which contributes to the changes of dissolved oxygen level in eastern Indian Ocean (Southern Java) as well as the factors that influence the *upwelling* in Southern Java. The research was based on MOMSEI (*Monsoon Onset Monitoring for Social and Ecosystems Impact*) data on September 22th – October 1st 2013. The data used were depth, temperature, salinity, and oxygen which was measured using CTD on three different lanes and measured at 16 points on the field station. The temperature distribution data and pattern of ocean currents were obtained from HYCOM (*Hybrid Coordinate Ocean Model*). The result shows that the dissolved oxygen level appears to be high 3.5-5.5ml/l in the thermocline regions in three different CTDs.

**Key Words**: Indian Ocean, Thermocline Layer, Oxygen, *Upwelling*

## 1. Pendahuluan

Perairan Indonesia dengan luas wilayah sekitar 3,1 juta kilometer persegi memiliki karakteristik yang beragam dimana kehidupan segala sumber daya alam hayati yang ada di dalamnya membutuhkan kehangatan suhu perairan untuk proses fotosintesis (Hendiarti, 2009). Kajian suhu permukaan laut sangat penting dilakukan untuk mengetahui keseimbangan laut dan atmosfer dari waktu ke waktu sehingga dapat diketahui perubahan iklim dan dampak dari perubahan suhu permukaan laut terhadap ekosistem yang ada di dalamnya karena perubahan suhu permukaan laut akan mempengaruhi sebagian besar proses yang terjadi di perairan, seperti proses fisika, kimia dan biologi baik secara vertikal maupun horizontal. Selain itu, menurut Tejasukmana *et al.*, (1998) data suhu permukaan laut dapat digunakan untuk identifikasi arus Eddie, daerah *front* dan *upwelling* sebagai daerah yang memiliki produktivitas primer tinggi.

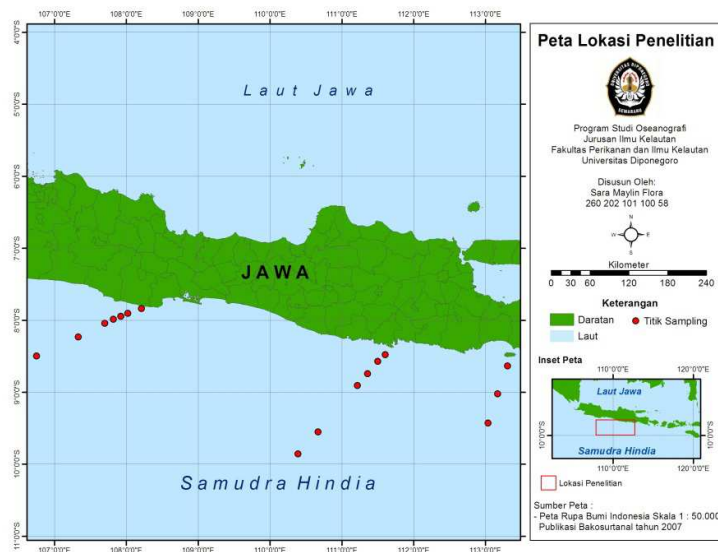
Variasi lapisan termoklin mempengaruhi sebaran oksigen terlarut di lautan. Kelarutan oksigen di dalam air dipengaruhi oleh suhu, tekanan parsial gas-gas yang ada di udara maupun yang ada di air, salinitas serta persenyawaan unsur-unsur mudah teroksidasi di dalam air. Kelarutan tersebut akan menurun apabila salinitas dan suhu meningkat, oksigen terlarut dalam suatu perairan juga akan menurun akibat pembusukan-pembusukan dan respirasi dari hewan dan tumbuhan yang kemudian diikuti dengan meningkatnya CO<sub>2</sub> bebas serta menurunnya pH (Nybakken, 1992).

Perairan Selatan Jawa dipilih sebagai daerah penelitian karena merupakan salah satu lokasi perairan yang cukup menarik, yaitu berada pada daerah yang mendapat pengaruh dari oseanografi – atmosfer, seperti sistem arus permukaan laut dan Arus Lintas Indonesia (Arlindo), serta pengaruh pola pergerakan angin muson. Selain itu, perairan Selatan Jawa juga merupakan salah satu perairan di Indonesia yang mempunyai potensi terjadi *upwelling* bertipe periodik pada tiap tahunnya (Kunarso, 2005; Reddy dan Salvekar, 2008).

## 2. Materi dan Metode Penelitian

### A. Materi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data pelayaran MOMSEI (*Monsoon Onset Monitoring for Social and Ecosystems Impact*) dan data yang *download* dari HYCOM (*Hybrid Coordinate Ocean Model*). Data MOMSEI meliputi data kedalaman, suhu, salinitas dan oksigen terlarut. Data HYCOM meliputi data suhu dan pola sirkulasi arus. Lingkup daerah penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

## **B. Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif. Menurut Sugiyono (2009), metode penelitian kuantitatif adalah metode yang digunakan karena bersifat konkrit / empiris, obyektif, terukur, rasional dan sistematis, serta data penelitian berupa angka-angka. Untuk mengetahui pengaruh kedalaman lapisan termoklin terhadap kandungan oksigen terlarut, maka dikumpulkan beberapa variabel. Variabel pertama yaitu kondisi kandungan oksigen terlarut (*DO*). Variabel kedua adalah kondisi laut secara vertikal yang dapat diamati dengan data kedalaman dan suhu.

### **Pengumpulan Data**

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data berdasarkan pelayaran MOMSEI (*Monsoon Onset Monitoring for Social and Ecosystems Impact*) pada bulan Oktober 2013 yang merupakan hasil kerjasama Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan (Badan Litbang KP) dengan *State of Oceanic Administration P.R. China*, yang secara teknis dikelola oleh Pusat Penelitian Sumberdaya Laut dan Pesisir (P3SDLP) untuk Indonesia dan *The First Institute of Oceanography (FIO)* untuk China.

Data yang didapat berupa data analog dari CTD yang kemudian diubah ke dalam bentuk digital yang disajikan dalam *Ms.Excel*. Data yang didapat dari pengukuran lapangan dan kemudian akan diolah adalah data kedalaman, suhu, salinitas dan oksigen. Data yang diperoleh dari satelit HYCOM berupa data arus selama 10 hari dalam bentuk netCDF yang kemudian diolah menjadi pola sirkulasi arus harian menurut kedalamannya.

### **Pengolahan Data**

Data yang didapatkan melalui pengukuran lapangan dan hasil download akan diolah dengan menggunakan beberapa software diantaranya *software ODV, Matlab* dan *Ferret*.

Data yang pertama diolah adalah data yang didapat dari hasil pengukuran lapangan yakni data suhu, salinitas dan oksigen pada kedalaman 0-700m diolah dengan menggunakan *software Matlab*. Data yang diolah selanjutnya adalah data suhu, salinitas dan oksigen pada kedalaman 0-400m yang diolah dengan menggunakan *software ODV*. Data terakhir yang diolah adalah data arus dan energi kinetik eddy yang diolah menggunakan *software Ferret*.

### **Ocean Data View (ODV)**

Perangkat lunak atau software *Ocean Data View (ODV)* adalah program aplikasi komputer untuk menampilkan secara visual (*ploting*) secara interaktif eksplorasi dan grafik parameter oseanografi secara horizontal maupun vertikal beserta profil *geo-referensi* lainnya. Tampilan dapat berupa cuplikan dan data *grid*. Program aplikasi ini dilengkapi dengan metode interpolasi dan pembuatan grafik hubungan antar parameter lainnya. ODV ini dapat di-download di <http://www.nocd/odv.com> atau <http://www.awibremerehaven.de/GEO/ODV>. Keunggulan *software ODV* ini adalah dapat secara langsung membentuk dan menampilkan sebaran vertikal dan horizontal parameter dari stasiun yang ada. Dan kelemahannya adalah ODV tidak baik digunakan jika lokasi perairan sempit.

Secara teknis, data CTD yang sudah dimasukkan ke dalam *Ms.Excel* diplotkan / di-import ke dalam program aplikasi ODV. Hasil plot bisa memperlihatkan sebaran stasiun data (berupa titik-titik) pada *global map* ODV, kemudian dilakukan pemilihan batasan area dan akan muncul nilai sebaran temperatur terhadap kedalaman, nilai sebaran salinitas terhadap kedalaman serta nilai sebaran oksigen terhadap kedalaman.

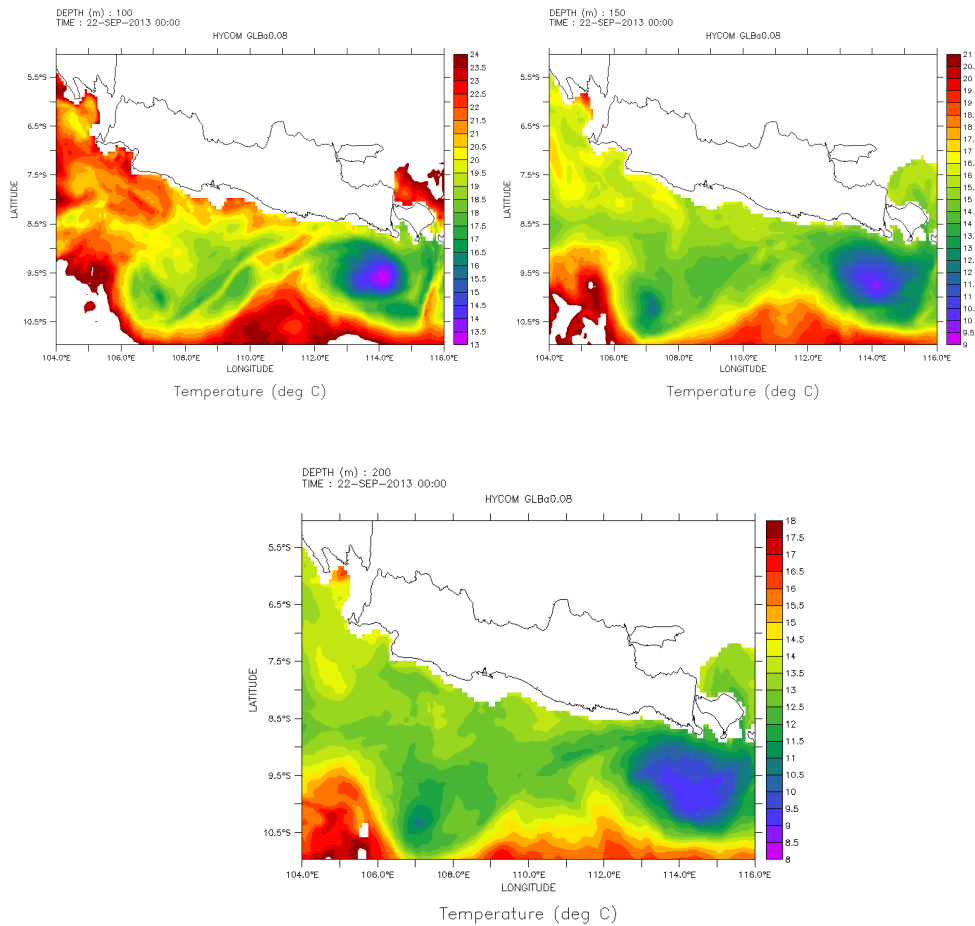
### **Matlab**

Software Matlab (Matrix Laboratory) merupakan sebuah program komputasi numerikal dan bahasa pemrograman komputer. Matlab dapat digunakan untuk komputasi matematik, analisis data, pengembangan algoritma, simulasi dan pemodelan dan grafik-grafik perhitungan. Pengolahan data dengan menggunakan matlab secara teknis diawali dengan mengimport data dari *Ms.Excel* yang kemudian diolah dengan menggunakan *command* / perintah untuk memplotkan data yang ada. Dalam pengolahan data tersebut yang diplotkan adalah data temperatur terhadap kedalaman, data salinitas terhadap kedalaman dan data oksigen terhadap kedalaman yang diolah hingga kedalaman 800m.

**Ferret**

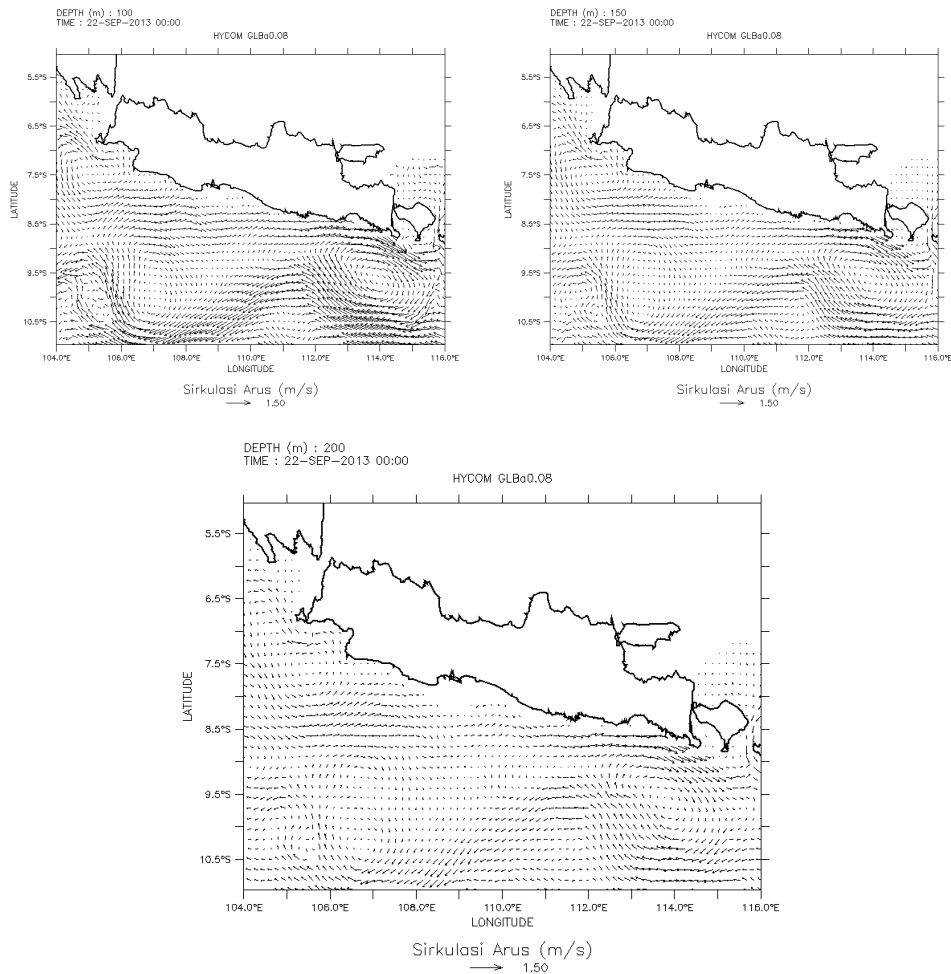
Dalam pengolahan data, *software Ferret* digunakan untuk mengolah dan menampilkan data nilai sebaran suhu terhadap kedalaman, pola sirkulasi arus serta pergerakan energi kinetik eddy. Secara teknis, pengolahan data menggunakan *software Ferret* hampir serupa dengan *software Matlab*, namun *software Ferret* hanya dapat dijalankan dengan perangkat komputer sistem *Linux*. Dan hasil yang ditampilkan dari pengolahan data menggunakan *software Ferret* tersebut berupa peta pergerakan arus dan nilai besaran energi kinetik eddy pada wilayah penelitian.

**C. Hasil dan Pembahasan**



**Gambar 2.** Pola Sebaran Suhu Pada Kedalaman 100m, 150m dan 200m

Pada model sebaran temperatur di kedalaman 100m nilai skala temperatur berkisar antara 13°C hingga 24°C. Pada model sebaran temperatur di kedalaman 150m nilai skala temperatur berkisar antara 9°C hingga 21°C. Pada model sebaran temperatur di kedalaman 150m nilai skala temperatur berkisar antara 8°C hingga 18°C.



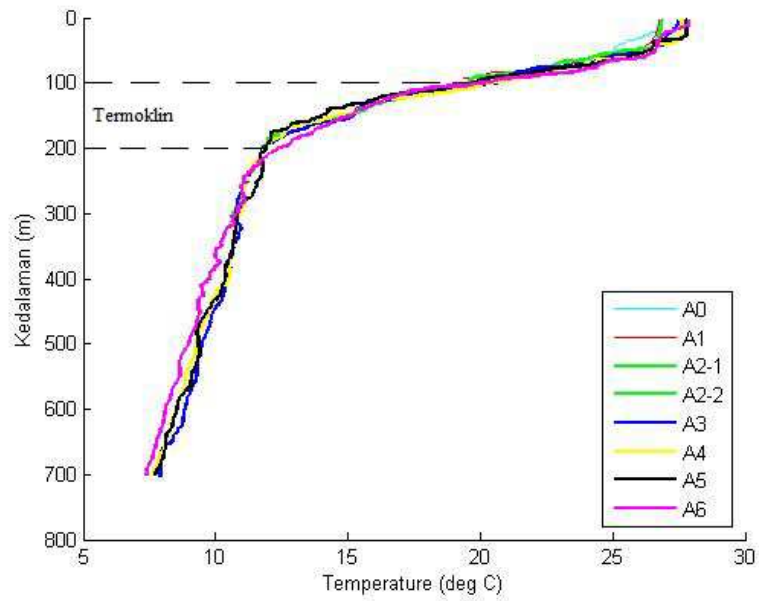
**Gambar 3.** Pola Sirkulasi Arus Pada Kedalaman 100m, 150m dan 200m

Pola sirkulasi arus pada kedalaman 100 terlihat jelas adanya perputaran arus pada daerah 8.5°-11°LS dimana energi kinetik eddy pada daerah tersebut tinggi dan dapat dilihat juga pada daerah tersebut terjadi divergensi yakni penyebaran massa air sehingga massa air didorong untuk naik ke lapisan atas.

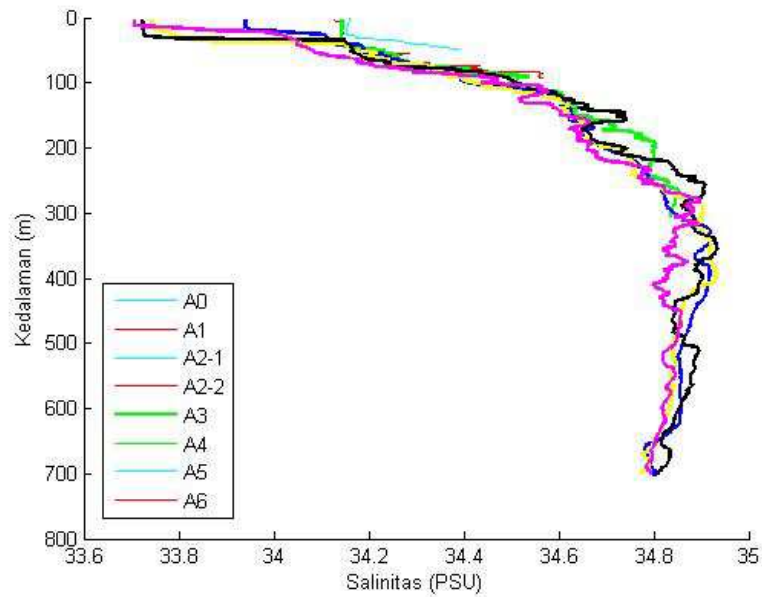
Pada kedalaman 150m pusaran arus mulai melemah dan nilai energi kinetik eddy pun mulai berkurang. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada kedalaman 150m arusnya mulai tenang dan tidak terlalu dipengaruhi oleh arus yang bergerak di sekitarnya dan tidak terlalu mendapat pengaruh dari arus permukaan.

Pada kedalaman 200m sirkulasi arus mulai tenang dan pusaran arus mulai tidak terlihat karena semakin ke lapisan dalam arus mulai tenang dan tidak terlalu dipengaruhi oleh arus di permukaan dan wilayah sekitarnya pun tidak terlalu mempengaruhi pergerakan arus di kedalaman tersebut.

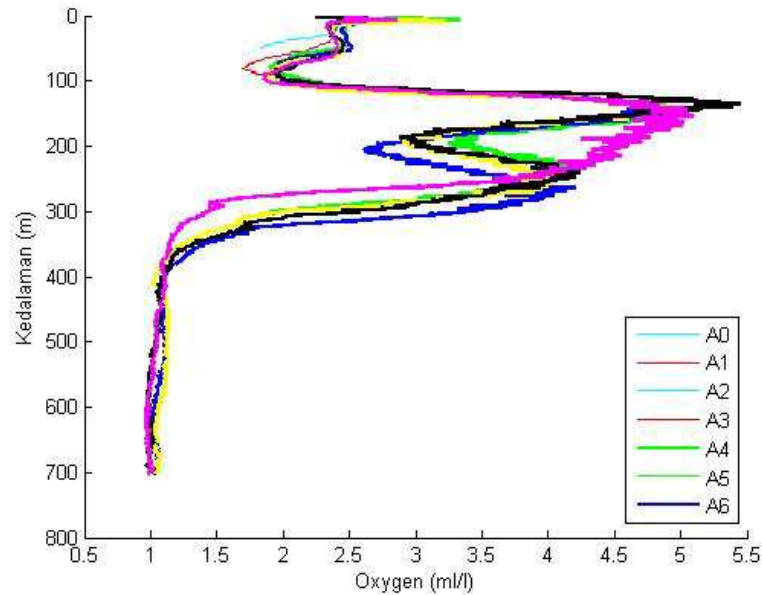
Profil Suhu, Salinitas dan Oksigen Terhadap Kedalaman



Gambar 4. Profil Vertikal Suhu Terhadap Kedalaman



Gambar 5. Profil Vertikal Salinitas Terhadap Kedalaman



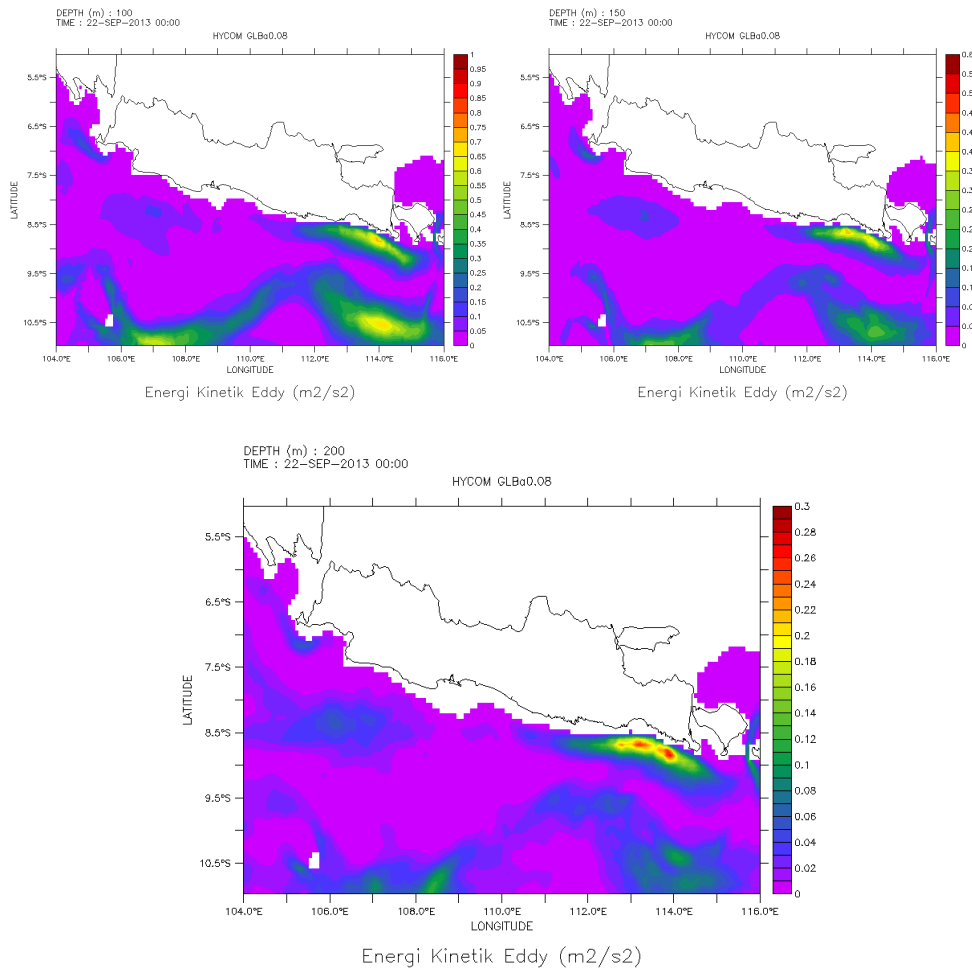
Gambar 6. Profil Vertikal Oksigen Terhadap Kedalaman

Pada pengukuran menggunakan CTD A, B dan C pada lokasi penelitian yang berbeda didapatkan nilai temperatur yang beragam, hal tersebut disebabkan oleh faktor-faktor hidrooseanografi berupa arus, yang mempengaruhi lokasi penelitian. Pada lokasi Perairan Selatan Jawa Tengah tempat dipasangnya CTD A memiliki nilai temperatur yang cenderung tinggi dibandingkan dengan wilayah Perairan Selatan Jawa Timur dan Selatan Pulau Bali dengan nilai berkisar antara 21-23°C pada kedalaman 100m. Wilayah tersebut mendapat pengaruh dari arus Barat Sumatera yang bergerak ke arah Timur (Perairan Selatan Jawa). Semakin bertambahnya kedalaman yakni pada kedalaman 150m dan 200m temperatur mulai menurun. Pada kedalaman tersebut arus dari permukaan tidak terlalu berpengaruh terhadap kondisi temperatur.

Pada lapisan termoklin (100-200m) nilai salinitas menunjukkan adanya peningkatan dibanding nilai di lapisan campuran (*mixed layer depth*), karena di wilayah tersebut terjadi *upwelling* sehingga massa air dari bawah dengan suhu rendah dan salinitas tinggi naik ke lapisan termoklin sehingga pada wilayah tersebut karakteristik perairannya memiliki suhu rendah dan salinitas tinggi. Dimana nilai salinitas rendah dibawa dari perairan dalam. Nilai salinitas pada pengukuran CTD A, B dan C memiliki nilai yang relatif sama, memiliki nilai rendah pada lapisan permukaan dan semakin ke lapisan dalam nilainya semakin tinggi.

Nilai oksigen terlarut pada lapisan termoklin cukup tinggi dibanding kedalaman lainnya. Hal tersebut disebabkan naiknya massa air laut dari lapisan bawah ke lapisan atas (*upwelling*) yang membawa kandungan nutrisi termasuk oksigen di dalamnya sehingga kandungan oksigen dari lapisan atas dibawa oleh pusaran arus dari lapisan atas ke lapisan bawah sehingga pada lapisan termoklin kandungan oksigen tinggi (Effendi, 2003).

**Pola Pergerakan Energi Kinetik Eddy**



**Gambar 7.** Pola Pergerakan Energi Kinetik Eddy

Model sebaran energi kinetik eddy yang dihasilkan dalam pengolahan data tersebut digunakan untuk melihat besarnya nilai pengadukan air laut pada kedalaman termoklin 100 – 200m. Besarnya energi kinetik eddy tersebut menunjukkan adanya perputaran arus pada wilayah 8.5 – 10.5°LS. Pusaran arus yang ditunjukkan pada wilayah tersebut menunjukkan bahwa pusaran arus tersebut searah jarum jam (*cyclonic eddy*). Seperti yang kita ketahui pada belahan bumi bagian selatan, arus dibelokkan ke kanan searah jarum jam akan menimbulkan terjadinya *upwelling* (naiknya massa air dari lapisan bawah ke lapisan atas).

Pusaran arus tersebut menyebabkan terjadinya *upwelling*, dimana *upwelling* tersebut menyebabkan daerah tersebut subur dan kaya akan nutrisi. Daerah *upwelling* juga ditandai dengan banyaknya kandungan oksigen di wilayah tersebut karena oksigen dibutuhkan oleh organisme dan makhluk hidup yang hidup di wilayah tersebut.

Hal tersebut berkaitan dengan tingginya kandungan oksigen pada kedalaman 100 – 200m yang telah dijelaskan sebelumnya, dimana pada lapisan termoklin 100 – 200m nilai oksigen pada CTD A, B dan C tinggi dikarenakan energi kinetik eddy mendorong arus untuk naik ke lapisan di atasnya sehingga kita dapat melihat pada kedalaman 100 – 200m terjadi peningkatan kadar oksigen dan dapat diperkirakan wilayah tersebut kaya akan nutrisi yang dibawa dari lapisan bawah.



Perputaran arus yang terjadi di Perairan Selatan Jawa tersebut dipengaruhi oleh banyak faktor. Dimana kita ketahui bahwa Perairan Selatan Jawa mendapat pengaruh dari Arus Khatulistiwa Selatan (AKS), arus dari Barat Sumatera, arus Pantai Jawa, Arus Lintas Indonesia (*Indonesian Through Flow*), dan masih banyak lainnya. Dari banyak faktor tersebut dapat diduga bahwa beberapa arus tersebutlah yang mempengaruhi terjadinya perputaran arus (*eddy current*) di wilayah penelitian ini. Dari hasil penelitian tersebut juga terjadi perputaran arus pada daerah sekitar Selat Lombok yang dilalui Arlindo, maka dapat diperkirakan bahwa perputaran arus pada 8.5-10.5°LS tersebut juga terdapat pengaruh dari Arus Lintas Indonesia.

#### **D. Kesimpulan**

Variabilitas lapisan termoklin di perairan Selatan Jawa pada lokasi penelitian 5°-11°LS dan 104°-116°BT dipengaruhi oleh naiknya massa air dari lapisan bawah ke lapisan atas (*upwelling*), secara tidak langsung *upwelling* membawa nutrisi dari lapisan bawah ke lapisan atas dan termasuk di dalamnya oksigen terlarut.

Kandungan oksigen di lapisan termoklin yaitu kedalaman 100-200m memiliki nilai yang tinggi yaitu 3.5-5.5ml/l dibandingkan dengan lapisan di atas dan di bawahnya yang dibawa oleh arus yang bergerak dari arah barat menuju ke timur. Adanya divergensi arus juga mempengaruhi nilai oksigen di lapisan termoklin. Dari penelitian ini juga dapat dibuktikan bahwa pada bulan September – Oktober terjadi *upwelling* di perairan Selatan Jawa.

*Upwelling* yang terjadi di Selatan Jawa terjadi hampir sepanjang tahun. Hal ini membuktikan bahwa *upwelling* di Samudera Hindia bagian Timur cukup tinggi dibanding *upwelling* di Samudera Hindia bagian Barat.

#### **Daftar Pustaka**

- Bhatt, J.J. 1978. *Oceanography : Exploring The Planet Ocean*. Rhode Island Junior College. Dvan Nostrand Company. New York.
- Brown, E., A. Cooling, D. Park, J. Philips, D. Rothery, J. Wright, M. Brandon and R. James. 1993. *Ocean Circulation*. The Open University, England.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Kanisius, Yogyakarta.
- Emery, W.J. and R.E.Thomson. 1997. *Data Analysis Method in Physical Oceanography*. British Library Catalogue. UK
- Gaol, J.L., dan B. Sadhotomo. 2007. Karakteristik dan Variabilitas Parameter – Parameter Oseanografi Laut Jawa Hubungannya dengan Distribusi Hasil Tangkapan Ikan. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. Vol 14, No.2, November 2007
- Gordon, A.L. 2005. *Oceanography of the Indonesian Seas and Their Troughflow*.Journal of the Oceanography Society Vol.18, No.4, December 2005. USA
- Garrison, T. 1993. *Oceanography an Invitation to Marine Science*. Wadsworth Publishing Company. Belmont California.
- Hendiarti, N., M. Sadly, M.C.G. Frederik, R. Andiaستی dan A. Sulaiman. 2006. Riset Pemantauan Dinamika Laut Indonesia. Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Departemen Perikanan dan Kelautan RI, Jakarta.
- Hutabarat, S., dan S. M. Evans. 1985. *Pengantar Oseanografi*. Universitas Indonesia Press, Jakarta

- Illahude, A.G. 1999. Pengantar ke Oseanologi Fisika. Puslitbang Oseanologi LIPI. Jakarta
- Kunarso, S.Hadi, N.S. Ningsih dan M.S. Baskoro. 2011. Variabilitas Suhu dan Klorofil-a di Daerah Upwelling pada Variasi Kejadian ENSO dan IOD di Perairan Selatan Jawa sampai Timor. Jurnal Ilmu Kelautan. Vol 16, No.3, Desember 2011
- Laevastu, T.danI. Hela. 1970. *Fisheries Oceanography*. Fishing New (Books). Ltd. London
- Martono. 2009. Karakteristik dan Variabilitas Bulanan Angin Permukaan di Perairan Samudera Hindia. Bidang Pemodelan Iklim, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. Bandung
- Nontji. 1993. Laut Nusantara. Djambatan. Jakarta
- Nybakken, J.W. 1988. *Marine Biology: An ecological approach*. Harper & Row. New York
- Purba, M. 2007. Dinamika Perairan Selatan P. Jawa – P. Sumbawa Saat Muson Tenggara, Torani
- Raharjo, S dan Sanusi S. 1983. Oseanografi Perikanan. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan. Jakarta
- Realino, B., A.W. Teja, A.Z. Dedy dan M.N. Asmi. 2012. Pola Spasial dan Temporal Kesuburan Perairan Permukaan Laut Indonesia. Balai Riset dan Observasi Kelautan, Departemen Kelautan dan Perikanan, Nagara, Jembrana, Bali.
- Steward, R.H. 2008. *Introduction to Physical Oceanography*. Department of Oceanography, Texas A & M University. Texas.
- Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Penerbit Alfabeta. Bandung
- Supangat, A., dan Susana. 2001. Pengantar Oseanografi. Badan Riset Kelautan Perikanan, Departemen Perikanan dan Kelautan RI, Jakarta.
- Tomzack, M. 2000. *An Introduction An Physical Oceanography*. The Flinders University of South Australia. Australia
- Klaus, W. 1961. *Physical Oceanography Of The Southeast Asian Waters*. The University of California, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California