

## Karakteristik *Upwelling* pada Periode *Indian Ocean Dipole* (IOD) Positif di Perairan Selatan Jawa Barat

Dini Oktaviani\*, Gentur Handoyo, Muhammad Helmi, Kunarso dan Anindya Wirasatriya

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/fax (024)7474698  
Email: \*dinioktaviani750@gmail.com

### Abstrak

*Indian Ocean Dipole* (IOD) merupakan suatu pola variabilitas di Samudera Hindia dengan perubahan Suhu Permukaan Laut (SPL) yang lebih rendah daripada biasanya. Secara umum perubahan variabilitas suhu permukaan laut dan persebaran klorofil-a di laut sangat dipengaruhi oleh adanya fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD). Adanya fenomena IOD ini berpengaruh pada terjadinya *upwelling* pada perairan selatan Jawa Barat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan hubungan *Indian Ocean Dipole* (IOD) dengan *upwelling* di perairan selatan Provinsi Jawa Barat. Metode yang digunakan yaitu metode kuantitatif, metode ilmiah yang dianalisis menggunakan kaidah-kaidah ilmiah yang empiris, rasional dan sistematis. Penelitian ini dilakukan menggunakan data satelit tahun 2008 sampai dengan 2017. Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Suhu Permukaan Laut (SPL) dan klorofil-a hasil perekaman satelit Aqua MODIS, data *Dipole Mode Index* (DMI). Data dari satelit diolah menggunakan *SeaDas* kemudian menggunakan *software ArcGIS*. Setelah data didapatkan kemudian diolah menggunakan *Microsoft Excel*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabilitas IOD mempengaruhi karakteristik *upwelling* yang terjadi di perairan selatan Jawa Barat. Ketika nilai DMI meningkat maka *upwelling* menguat yang ditunjukkan indikator SPL menurun dan klorofil-a meningkat. Sebaliknya ketika DMI menurun maka *upwelling* akan menurun yang ditunjukkan indikator SPL meningkat dan klorofil-a menurun. *Upwelling* dengan katagori lemah sudah mulai terjadi bulan Mei. *Upwelling* medium terjadi bulan Juni-Juli dan *upwelling* kuat umumnya terjadi pada bulan Agustus-September. Bulan Oktober-November umumnya *upwelling* melemah lagi.

**Kata Kunci** : SPL, Klorofil-a, *Upwelling*, IOD

### Abstract

*Indian Ocean Dipole* (IOD) is a pattern of variability in the Indian Ocean with changes in Sea Surface Temperature (SST) that are lower than usual. In general, changes in the variability of sea surface temperature and the distribution of chlorophyll-a in the sea are strongly influenced by the *Indian Ocean Dipole* (IOD) phenomenon. The existence of this IOD phenomenon affects the occurrence of *upwelling* in the southern waters of West Java. The purpose of this study is to determine the characteristics and relationship of *Indian Ocean Dipole* (IOD) with *upwelling* in the southern waters of West Java Province. The method used is a quantitative method, a scientific method analyzed using empirical, rational, and systematic scientific principles. This research was conducted from 2008 to 2017 using satellite data. The material used in this research is the SPL and chlorophyll-a data recorded by the Aqua MODIS satellite, the *Dipole Mode Index* (DMI) data. Data from the satellite is processed using *SeaDas* then using *ArcGIS* software. After the data is obtained, it is processed using *Microsoft Excel*. The results showed that the IOD variability affected the *upwelling* characteristics that occurred in the southern waters of West Java. When the DMI value increases, the *upwelling* strengthens, which is indicated by a decreased Sea Surface Temperature (SST) indicator and an increase in chlorophyll-a. On the other hand, when the DMI decreases, the *upwelling* will decrease, which is indicated by an increased SST indicator and a decrease in chlorophyll-a. *Upwelling* in the weak category has started to occur in May. Medium *upwelling* occurs in June-July and strong *upwelling* generally occurs in August-September. In October-November, *upwelling* generally weakens again.

**Keywords**: SST, Chlorophyll-a, *Upwelling*, IOD

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak diantara 2 Benua yaitu Benua Asia dan Benua Australia, serta terletak antara 2 Samudera yaitu Samudera Pasifik dan Samudera Hindia. Ditinjau dari keadaan tersebut, Indonesia memiliki kondisi arus dan suhu permukaan laut yang dipengaruhi oleh variabilitas parameter oseanografi pada kedua Samudera, khususnya pada Samudera Hindia. Fenomena oseanografi sering terjadi di Samudera Hindia sering terjadi berbagai seperti fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD). Fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) tersebut berpengaruh terhadap variabilitas oseanografi seperti kondisi arus, suhu permukaan laut, dan persebaran klorofil-a pada perairan Indonesia.

*Indian Ocean Dipole* (IOD) merupakan suatu fenomena terjadinya anomali suhu permukaan laut hangat/dingin di Samudera Hindia bagian barat yang diikuti terjadinya fenomena suhu muka laut dingin/hangat di Samudra Hindia bagian timur *upwelling*, wilayah yang kutub (pole) bersuhu dingin terjadi proses *upwelling* (Saji *et al.*, 1999). Proses *upwelling* terjadi karena adanya kekosongan massa air di lapisan permukaan, akibat terbawa ke tempat lain oleh arus. Adanya proses *upwelling* ditandai dengan turunnya suhu permukaan sampai dengan sekitar 2°C di daerah tropis dan >2°C pada daerah sub tropis (Dahuri *et al.*, 1996).

Berdasarkan pernyataan tersebut, penelitian perlu dilakukan untuk membahas tentang karakteristik suhu permukaan laut dan fenomena *upwelling* yang terjadi di wilayah perairan selatan Jawa Barat. Kajian difokuskan pada hubungan antara suhu permukaan laut dan dinamika *upwelling* pada IOD positif menggunakan data citra satelit Aqua Modis.

## MATERI DAN METODE

### Materi Penelitian

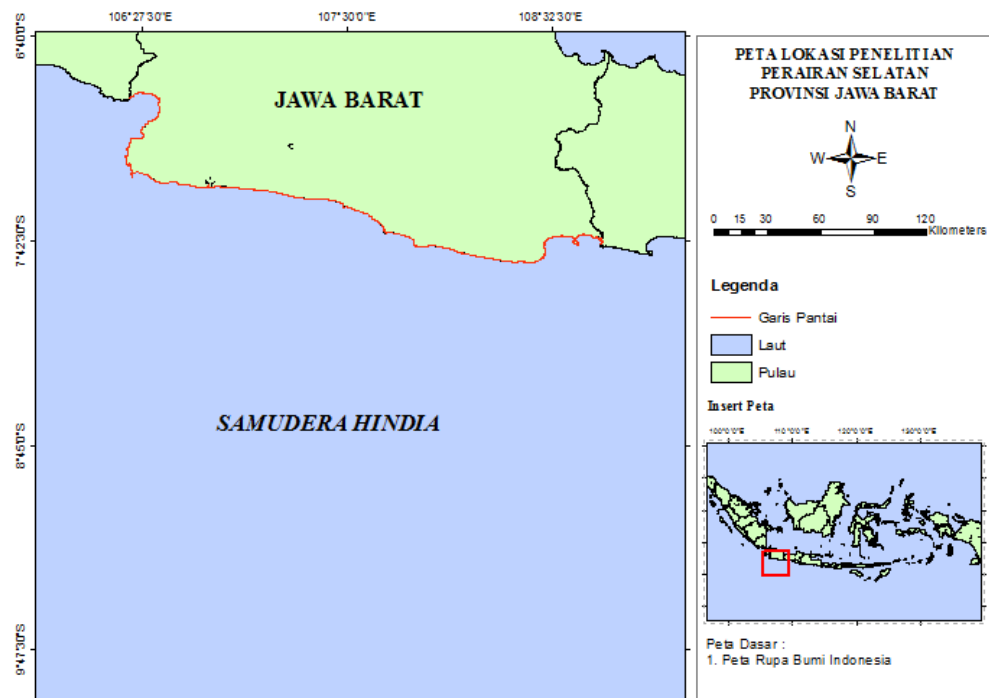
Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Suhu Permukaan Laut dan data Klorofil-a yang diperoleh dari situs resmi NASA yaitu <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>. Data yang di *download* merupakan data harian dari tahun 2008 hingga tahun 2017 yang merupakan hasil perekaman dari citra satelit Aqua MODIS. Data tersebut kemudian dikomposit menjadi data bulanan menggunakan *Seadas*. Nilai *Dipole Mode Index* (DMI) yang digunakan untuk mengetahui fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) diperoleh dari *Agency For-Marine Earth Science And Technology* (JAMSTEC) melalui situs [www.jamstec.go.jp/e/database/index.html](http://www.jamstec.go.jp/e/database/index.html) dari tahun 2008-2017.

### Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, yaitu metode ilmiah/*scientific* dengan karakteristik konkret/empiris, obyektif, terukur, rasional, dan sistematis. Metode ini disebut kuantitatif karena data penelitian yang digunakan berupa angka-angka dan analisis menggunakan statistik (Sugiyono, 2009). Data empirik yang digunakan meliputi data SPL, Klorofil-a dan data DMI yang merupakan indeks IOD.

### Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 2020-Januari 2021 dengan menggunakan data tahun 2008 sampai dengan 2017 di perairan selatan Jawa Barat pada koordinat 105,8° BT; 7,4°LS sampai 106,79° BT; 8,56° LS.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

## Pengolahan dan Analisis Data

### Pengolahan Data

Data Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a setelah diunduh, kemudian diolah dengan *software* SeaDAS, pada area sesuai dengan lokasi penelitian. Data txt citra hasil pengolahan SeaDAS kemudian diolah untuk mapping SPL dan klorofil-a menggunakan *software* ArcGIS. Ekstrak data SPL dan klorofil-a bulanan tahun 2008-2017 yang telah dibut rerata klimatologisnya selanjutnya diolah untuk membuat grafis dengan parameter lain.

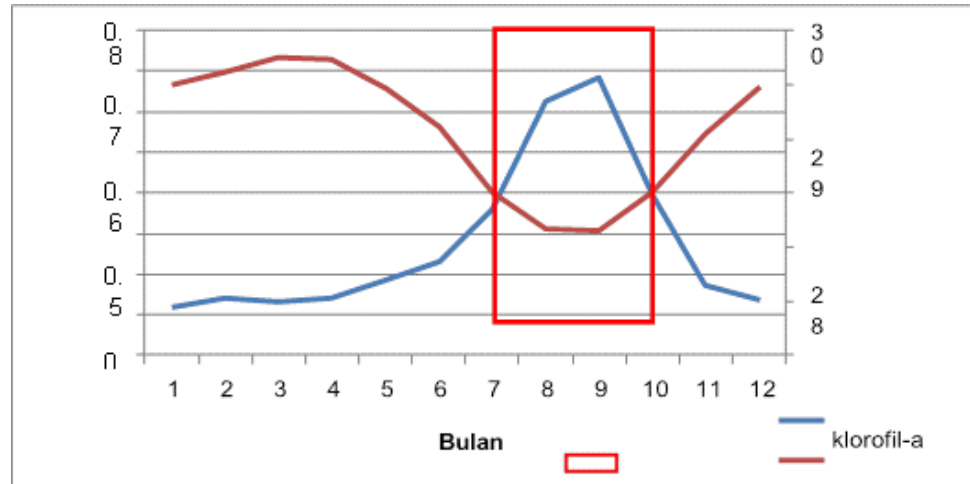
### Analisis Data

Data citra Suhu Permukaan Laut (SPL) dan Klorofil-a ditampilkan secara spasial untuk mengidentifikasi ada tidaknya *upwelling*. Indikator *upwelling* dapat ditinjau berdasarkan sebaran suhu permukaan laut dan klorofil-a, dengan nilai karakteristik  $SPL \leq 26^{\circ}\text{C}$ , sedangkan untuk nilai klorofil-a yaitu klorofil-a  $> 0.23 \text{ mg/m}^3$ . *Dipole Mode Indeks* (DMI) yang digunakan untuk mengetahui fase dari *Indian Ocean Dipole* (IOD) berupa indeks bulanan yang didapat dari JAMSTEC.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hubungan Suhu Perukaan Laut dan Klorofil

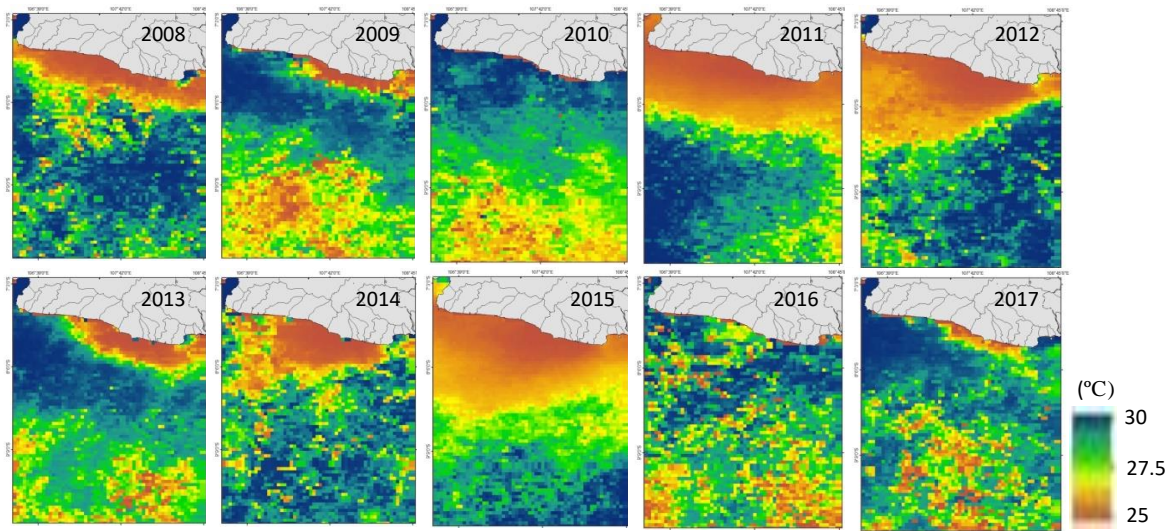
Berdasarkan hasil pengolahan data citra suhu permukaan laut dan klorofil-a (Gambar 2) ditemukan bahwa terjadi kondisi nilai SPL rendah dan nilai klorofil-a tinggi pada saat Musim Timur yang mengindikasikan terjadinya *upwelling* pada musim timur (Juni, Juli, Agustus) dan peralihan 2 (September, Oktober, November).



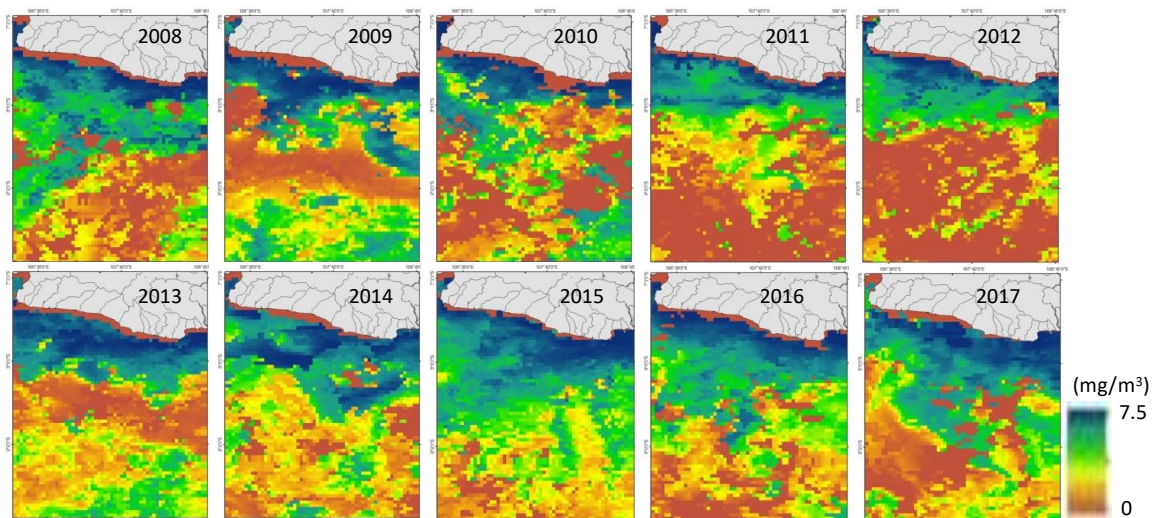
**Gambar 2.** Hubungan SPL dan klorofil-a di Selatan Jawa Barat

Rendahnya suhu permukaan laut dan tingginya nilai klorofil-a pada Musim Timur-Peralihan Peralihan 2 di perairan selatan Jawa Barat, diduga terjadi karena adanya proses upwelling. Proses upwelling terjadi karena adanya angin yang bertiup secara kontinyu hampir sejajar garis pantai dari arah tenggara ke arah Barat Daya. Angin tersebut yang membangkitkan upwelling di sepanjang selatan Jawa termasuk di wilayah kajian yaitu perairan Selatan Jawa Barat. Hal ini dijelaskan dalam beberapa paper terdahulu juga yang ditulis oleh Kunarso et al (2005); Susanto and Marra (2005); Wirasatria, et al (2020); Wirasatriya et al (2021). Puncak dari upwelling yang terjadi di perairan selatan Jawa Barat terjadi pada bulan September yang ditandai dengan nilai indikator SPL yang rendah dan klorofil-a yang tinggi (Gambar 3 dan 4).

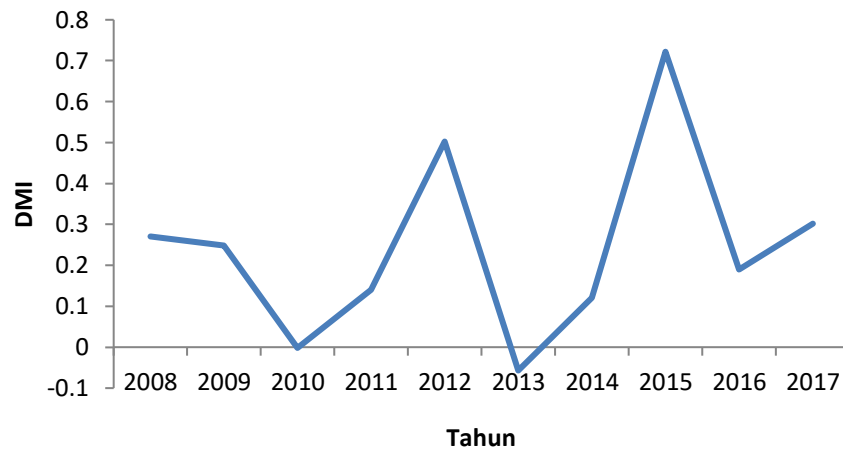
Fenomena menarik yang ditemukan berdasarkan Gambar 3, 4 dan 5,6,7 yaitu adanya variabilitas upwelling yang terjadi selama bulan September dari tahun 2008 hingga 2017. Hal ini tampak dari indikator SPL dalam Gambar 3, indikator klorofil-a dalam Gambar 4, dan hasil overlay SPL dan klorofil-a dalam Gambar 5. Variabilitas upwelling ini tampak terkait dengan IOD (Gambar 6). Ketika DMI nilainya tinggi sebagaimana kasus tahun 2011, 2012 dan 2015. Menunjukkan nilai SPL di perairan selatan Jawa Barat sangat rendah dan klorofil-a sangat tinggi dan upwelling menguat intensitasnya dan meluas distribusi spasialnya (Gambar 5). Sebaliknya ketika IOD nilainya semakin kecil maka SPL nilainya semakin besar, konsentrasi klorofil-a mengecil, intensitas upwelling menurun dan luasan distribusi spasial menyempit (Gambar 5). Kondisi ini bisa terjadi diduga terkait dengan variabilitas angin sebagai pembangkit yang akan mengali variabilitas dengan adanya variabilitas nilai IOD. Semakin besar nilai DMI (indikator IOD) maka angin tenggara yang bertiup di atas perairan selatan Jawa Barat akan semakin menguat, angin yang sejajar garis pantai ini akan membangkitkan Ekman transport yang arahnya ke Selatan atau Barat Daya, kekosongan masa air dipantai diisi oleh massa air dari lapisan di bawahnya, maka terjadilah upwelling yang kuat ketika IOD bernilai besar. Hal tersebut telah dijelaskan oleh Saji et al., (1998), Kunarso et al., (2005), yang menyatakan bahwa IOD berpengaruh terhadap angin dan variabilitas upwelling di Samudra Hindia bagian timur termasuk perairan di Selatan Jawa Barat.



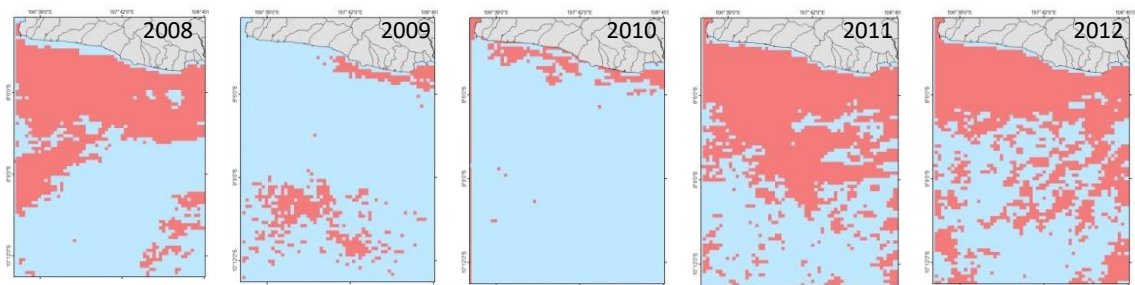
**Gambar 3.** Rerata Suhu Permukaan Laut bulan September 2008-2017



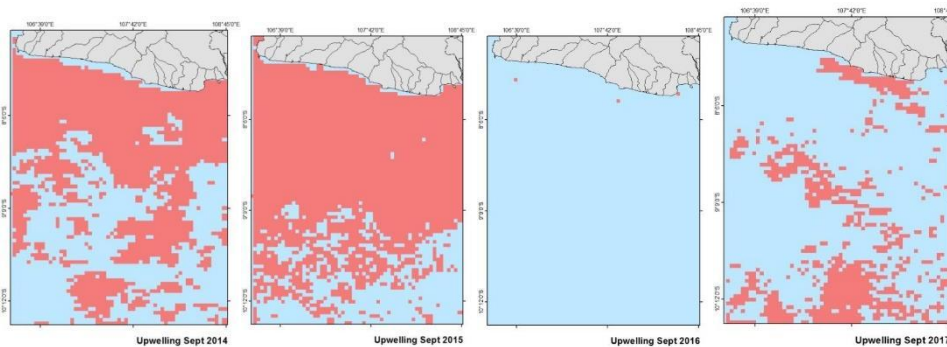
**Gambar 4.** Rerata Klorofil-a bulan September 2008-2017



Gambar 5. Nilai DMI Tahun 2008-2017



Gambar 6. Upwelling bulan September 2008-2012



Gambar 7. Upwelling pada bulan September Tahun 2014-2017

**Karakteristik Upwelling pada Indian Ocean Dipole (IOD) Positif**

Proses *upwelling* terjadi karena adanya kekosongan massa air pada lapisan permukaan akibat transport Ekman menjauhi garis pantai atau adanya divergensi arus laut. *Upwelling* dapat dianalisis berdasarkan indikator SPL dan klorofil-a yaitu ditandai dengan nilai SPL yang rendah dan kandungan klorofil-a yang tinggi dari sekitarnya. Berdasarkan analisis Gambar 3, 4 dan 7 menunjukkan adanya variabilitas upwelling yang terjadi dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2017. Berdasarkan data tersebut

menunjukkan pada bulan Mei sudah menunjukkan adanya upwelling dengan karakteristik indikator SPL lebih dari 28,93°C, sedangkan konsentrasi klorofil-a kurang dari 0,23 mg/m<sup>3</sup>. Karakteristik tersebut sesuai dengan hasil riset Kunarso et al (2020) *Upwelling* medium terjadi pada bulan Juni dan Juli dengan konsentrasi klorofil-a diantara 0,23 mg/m<sup>3</sup> dan 0,414mg/m<sup>3</sup>, sedangkan untuk suhu permukaan lautnya berada pada kisaran 27,96°C sampai dengan suhu 28,937°C. Bulan Agustus dan September terjadi *upwelling* kuat dengan nilai SPL pada kisaran 26,996°C sampai dengan 27,96°C, konsentrasi klorofil-a pada bulan tersebut berkisar 0,414mg/m<sup>3</sup>-0,597mg/m<sup>3</sup>. *Upwelling* di perairan selatan Jawa Barat merupakan fenomena yang terjadi berurutan, berevolusi dari perairan Selatan Jawa Timur ke barat. Adanya variabilitas DMI menunjukkan pengaruh yang nyata merubah indikator upwelling yang berupa SPL dan klorofil-a di perairan Selatan Jawa Barat. Ketika DMI nilainya semakin besar maka SPL menjadi semakin dingin dan konsentrasi klorofil-a meningkat, sebaliknya ketika DMI mengecil, maka SPL semakin tinggi dan klorofil-a menurun.

## KESIMPULAN

Variabilitas IOD nyata mempengaruhi karakteristik upwelling yang terjadi di perairan selatan Jawa Barat. Ketika nilai DMI meningkat maka upwelling menguat yang ditunjukkan indikator SPL menurun dan klorofil-a meningkat. Sebaliknya ketika DMI menurun maka upwelling akan menurun yang ditunjukkan indikator SPL meningkat dan klorofil-a menurun. Upwelling umumnya terjadi dari bulan Mei hingga November, dengan karakteristik lemah umumnya terjadi mulai bulan Mei. Upwelling medium umumnya terjadi pada bulan Juni-Juli dan upwelling kuat umumnya terjadi pada bulan Agustus-September. Bulan Oktober-November umumnya upwelling melemah lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anindya Wirasatriya, R. Dwi Susanto, Kunarso Kunarso, Abd. Rasyid Jalil, Fatwa Ramdani & Ardiansyah Desmont Puryajati. 2021. Northwest Monsoon Upwelling within the Indonesian Seas. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 42(14) : 5437–5458.
- Dahuri, R, J. Rais, S.p Ginting dan M. J. Sitepu. 1996. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 229 hlm.
- Kunarso, N.S. Ningsih, A. Supangat. 2005. Karakteristik Upwelling di Sepanjang Perairan NTT hingga Barat Sumatera. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 10 (1).
- Hadi, S., Ningsih, N. S., Baskoro, M. S., Wirasatriya, A., & Kuswardani, A. R. 2020. The classification of upwelling indicators base on sea surface temperature, chlorophyll-a and upwelling index, the case study in Southern Java to Timor Waters. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* . 530 (1) :012020
- Ratnawati, H. I., Hidayat, R., Bey, A., & June, T. 2017. Upwelling di Laut Banda dan Pesisir Selatan Jawa serta hubungannya dengan ENSO dan IOD. *Omni-Akuatika*, 12(3).
- Saji, N. H. *et al.*, 1999. A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean, *Nature*, 40(1) : 360-363.
- Sartimbul, A., Nakata, H., Rohadi, E., Yusuf, B., & Prasetyo, H. 2010. Progress in Oceanography Variations in Chlorophyll-a Concentration and the Impact on *Sardinella lemuru* catches in Bali Strait, Indonesia. *Progress in Oceanography*, 87(1-4), 168-174.
- Sugiyono. 2009. *Metode Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Cetakan ke 8. Alfabeta, Bandung, hlm 53-60
- Susanto, D., & J. Marra. 2005. Effect of the 1997/1998 El Niño on Chlorophyll-a Variability along the Southern Coast of Java and Sumatera. *Journal Oceanography*, 18(4):124-127.

- Wirasatriya, A., J. D. Setiawan, D. N. Sugianto, I. A. Rosyadi, H. Haryadi, G. Winarso, R. Y. Setiawan, and R. D. Susanto. 2020. Ekman Dynamics Variability along the Southern Coast of Java Revealed by Satellite Data. *International Journal of Remote Sensing* 41 (21): 8475–8496.
- Wyrski K. 1961. Physical Oceanography of South East Asia Waters. *Naga Report*. Scripps Institution of Oceanography La Jolla California. The University of California.
- Yamagata, T., Lizuka dan Matsura. 2000. Successful Reproduction of the Dipole Mode Phenomenon in the Indian Ocean Using a Model-Advance toward the Prediction of Climate Change. *J. Geophys. Res.* 27(20) : 3369-3372.
- Yuliananingrum, T. L. P., & Putri, M. R. 2012. Kondisi Oseanografi di Selat Sunda dan selatan Jawa Barat pada Monsun Barat 2012. *PROSIDING*, 49.