

**VARIABILITAS SUHU PERMUKAAN LAUT DAN KLOOROFIL-A KAITANNYA DENGAN *EL NINO SOUTHERN OSCILLATION* (ENSO) DAN *INDIAN OCEAN DIPOLE* (IOD) PADA PERIODE *UPWELLING* 2010-2014 DI LAUTAN HINDIA (PERAIRAN CILACAP)**

**Elia Hottua Natalia<sup>\*)</sup>, Kunarso<sup>\*)</sup>, Aziz Rifai<sup>\*)</sup>**

<sup>\*)</sup> Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Email : [eliasimbolon21@gmail.com](mailto:eliasimbolon21@gmail.com), [kunarsojpr@yahoo.com](mailto:kunarsojpr@yahoo.com), [papahrifa@yahoo.com](mailto:papahrifa@yahoo.com)

**Abstrak**

Perairan Cilacap merupakan salah satu perairan selatan Jawa yang memiliki variabilitas suhu permukaan laut (SPL) dan kesuburan perairan (konsentrasi klorofil-a) karena adanya pengaruh variabilitas iklim. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji variabilitas SPL dan klorofil-a pada variasi tahunan (pengaruh angin monsun) dan antar tahunan (pengaruh ENSO dan IOD) di Perairan Cilacap. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data arus laut *insitu*, data SPL *insitu*, data SPL dan klorofil-a citra MODIS level 3, data angin dan arus BMKG Cilacap, data *sea surface temperature* (SST) di NINO3,4 dan data *dipole mode index* (DMI). Variabilitas nilai SPL dan klorofil-a secara tahunan menunjukkan bahwa pada bulan September selama tahun 2010-2014 didapatkan rerata SPL terendah yaitu sebesar 26,35 °C dan rerata konsentrasi klorofil-a tertinggi yaitu sebesar 1,16 mg/m<sup>3</sup>. Variabilitas nilai SPL dan klorofil-a antar tahunan menunjukkan rerata SPL terendah pada tahun 2011 yaitu sebesar 26,35 °C, sedangkan klorofil-a terdistribusi secara spasial mencapai titik koordinat 8° 15' 0" LS (62 km dari garis pantai). Kondisi ini bertepatan dengan terjadinya *La Nina* sedang dan IOD positif (+) dengan durasi selama 5 bulan. Pada tahun 2012 didapatkan rerata konsentrasi klorofil-a tertinggi yaitu sebesar 0,974 mg/m<sup>3</sup> namun hanya terdistribusi secara spasial pada titik koordinat 8° 12' 9,3" LS (57 km dari garis pantai). Kondisi ini bertepatan dengan terjadinya fenomena *El Nino* lemah dan IOD(+) dengan durasi selama 3 bulan.

**Kata Kunci:** ENSO; IOD; Suhu Permukaan Laut; Klorofil-a; *Upwelling*, Cilacap.

**Abstract**

Cilacap Waters is the part of southern Java waters, which has variabilities in the sea surface temperature (SST) and fertility waters (concentration of chlorophyll-a) due to the impact of climate variabilities. The aim of this study is to describe the variability of SST and chlorophyll-a in the annual variation (due to monsoon effect) and the inter-annual variation (due to ENSO and IOD effect). The data used in this study includes ocean current *insitu* data, sea surface *insitu* data, sea surface temperature and chlorophyll-a MODIS level 3 data, wind and ocean current BMKG Cilacap, sea surface temperature (SST) NINO3,4, and dipole mode index (DMI) data. The annual variabilities value of SST and chlorophyll-a showed that the lowest average of SST was 26.35 °C and the highest average concentration of chlorophyll-a was 1.16 mg/m<sup>3</sup>, occurred on September during 2010-2014. The interannual variabilities of SST and chlorophyll-a showed the lowest SST was 26.35 °C occurred in 2011. While the concentration of chlorophyll-a was spatially distributed to coordinate 8° 15' 0" S (62 km from the shoreline). This condition was coincides with *La Nina* medium and IOD positive (+) with duration for 5 months. In year 2012 the highest average concentration of chlorophyll-a was 0.974 mg/m<sup>3</sup> but spatially distributed only to in 8° 12' 9.3" S (57 km from the shoreline). This condition was coincides with the weak *El Nino* and IOD(+) with duration for 3 months.

**Keywords:** ENSO; IOD; Sea Surface Temperature; Chlorophyll-a; *Upwelling*; Cilacap

## 1. Pendahuluan

Perairan selatan Jawa memiliki potensi sumberdaya perikanan karena adanya fenomena *upwelling* pada saat musim timur dan musim peralihan. Indikasi terjadinya fenomena *upwelling* ditandai dengan penurunan nilai suhu permukaan laut (SPL) dan peningkatan kesuburan perairan berdasarkan konsentrasi klorofil-a. Fenomena *upwelling* di perairan selatan Jawa dipengaruhi oleh sistem arus permukaan laut dan pola pergerakan angin monsun (Kunarjo *et al.*, 2011 dan Dipo *et al.*, 2011). Menurut Kunarjo *et al.* (2011), perubahan SPL dan klorofil-a di perairan selatan Jawa sampai Timor dipengaruhi oleh variabilitas iklim global *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) dan *Indian Ocean Dipole* (IOD). Variabilitas iklim ENSO dan IOD berpengaruh terhadap variabilitas SPL dan klorofil-a saat periode *upwelling* di perairan selatan Jawa.

Fenomena *El Nino* merupakan variabilitas iklim antar tahunan yang terjadi karena angin pasat tenggara melemah. Hal tersebut menyebabkan penumpukan massa air hangat di Samudera Pasifik timur dan penurunan massa air di Samudera Pasifik barat sehingga terjadi kenaikan massa air yang lebih dingin dan kaya akan nutrisi dari lapisan bawah. Fenomena IOD menyebabkan terjadinya variabilitas antar tahunan di Perairan Samudera Hindia timur yang meliputi Perairan Indonesia (Kunarjo *et al.*, 2011). Pada saat fenomena IOD positif (+) mengakibatkan penurunan SPL dan fenomena IOD negatif (-) mengakibatkan kenaikan SPL karena adanya interaksi antara atmosfer dan laut (Kemili dan Putri, 2012).

Variabilitas SPL dan klorofil-a dapat mempengaruhi kesuburan dan produktivitas primer yang selanjutnya berpengaruh terhadap produktivitas perikanan. Variabilitas SPL dan klorofil-a yang terjadi di Perairan Cilacap akibat pengaruh dari ENSO dan IOD diduga menunjukkan pola yang spesifik dibandingkan dengan yang terjadi di selatan Jawa secara umum. Pengaruh ENSO dan IOD terhadap variabilitas SPL dan klorofil-a yang spesifik pada periode *upwelling* tahun 2010-2014 di Lautan Hindia (Perairan Cilacap) merupakan masalah yang dikaji dalam penelitian ini.

## 2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif (Sugiyono, 2009) yaitu penelitian dengan melakukan survei untuk mendapatkan data-data penelitian yang berupa data angka yang diperoleh dengan mengukur menggunakan instrumen tertentu yang memiliki satuan khusus untuk tiap-tiap parameternya. Data-data tersebut selanjutnya diolah dan ditampilkan dalam bentuk gambar, grafik, ataupun tabel serta bersifat sistematis.

Metode penentuan lokasi pengukuran arus laut dan suhu permukaan laut (SPL) menggunakan metode *purposive sampling* (Sugiyono, 2009). Pengukuran arus laut dilakukan dengan pendekatan Lagrangian dengan pengamatan arus pada posisi tertentu di suatu kolom air. Pengukuran arus laut dilakukan selama 25 jam dengan interval 10 menit sesuai dengantipe pasang surut Perairan Cilacap adalah campuran condong ke harian ganda (*mixed semi diurnal tide*) sehingga durasi pengukuran arus sekurang-kurangnya 25 jam (Lanuru dan Suwarni, 2011).

Analisis data menggunakan analisis korelasi (Cornelius, 2005) untuk menyatakan derajat keeratan hubungan antar variabel. Pada penelitian ini digunakan analisis korelasi *bivariate* untuk mencari derajat keeratan hubungan dan arah hubungan antar variabel SPL dengan angin, SPL dengan klorofil-a, angin dengan klorofil-a, arus dengan anomali SST di NINO3,4, DMI dengan SPL, DMI dengan klorofil-a, DMI dengan arus, arus dengan SPL, dan arus dengan klorofil-a. Semakin tinggi nilai korelasi maka semakin tinggi pula tingkat keeratan hubungan antar variabel.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Variabilitas Tahunan Nilai Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a pada Periode *Upwelling*

Hasil analisis nilai suhu permukaan laut (SPL) dan konsentrasi klorofil-a bulanan di daerah penelitian menunjukkan adanya fenomena variabilitas tahunan dimana parameter tersebut mulai meningkat pada bulan Juni dan mencapai puncaknya pada bulan September dengan nilai rerata SPL terendah sebesar 26,35 °C dan nilai rerata konsentrasi klorofil-a tertinggi sebesar 1,16 mg/m<sup>3</sup> (Tabel 1 dan Tabel 2). Fenomena tersebut terkait dengan terjadinya *upwelling* di perairan selatan

Jawa yang berdampak pada Perairan Cilacap. Terjadinya *upwelling* tampak dari beberapa indikator menurunnya nilai SPL dan meningkatnya konsentrasi klorofil-a. Mekanisme terbentuknya *upwelling* hingga terjadi penurunan SPL dan peningkatan klorofil-a dipicu oleh tiupan angin musim timur dari arah tenggara dan membangkitkan pergerakan arus laut dominan ke arah barat dan barat daya. Pola angin ini memicu terbentuknya transport Ekman. Pengaruh gaya Coriolis membelokkan transport massa air menjauhi pantai sehingga memindahkan massa air dari pantai ke lepas pantai. Penurunan massa air yang terjadi di pantai kemudian diisi oleh massa air dari lapisan bawah yang suhunya lebih dingin. Proses *upwelling* ini menyebabkan penurunan SPL selama musim timur-peralihan II. Hal ini sesuai dengan yang dijelaskan Sulaiman *et al.* (2006), Kunarso *et al.* (2009) dan Kuswardani (2012). Terjadinya *upwelling* di selatan Jawa Barat mulai terjadi pada bulan Juni dan mencapai puncaknya pada bulan September.

Tabel 1. Nilai Variabilitas Tahunan SPL pada Periode *Upwelling*

BULAN	Suhu Permukaan Laut (°C)					Rerata Bulanan
	2010	2011	2012	2013	2014	
<b>Juni</b>	29,14	27,63	27,80	29,77	29,08	28,68
<b>Juli</b>	28,08	26,11	25,62	27,76	27,79	27,07
<b>Agustus</b>	27,97	25,36	25,43	26,70	26,46	26,38
<b>September</b>	28,77	25,13	25,76	26,28	25,84	26,35
<b>Oktober</b>	29,49	25,96	26,98	27,53	26,90	27,37
<b>November</b>	29,44	27,90	28,26	29,25	27,64	28,49

Tabel 2. Nilai Variabilitas Tahunan Klorofil-a pada Periode *Upwelling*

BULAN	Klorofil – a (mg/m <sup>3</sup> )					Rerata Bulanan
	2010	2011	2012	2013	2014	
<b>Juni</b>	0,32	0,55	0,32	0,24	0,14	0,31
<b>Juli</b>	0,24	0,58	0,91	0,43	0,29	0,49
<b>Agustus</b>	0,24	1,39	1,36	0,62	0,55	0,83
<b>September</b>	0,22	1,04	1,71	0,83	2,03	1,16
<b>Oktober</b>	0,22	0,75	1,28	0,22	0,69	0,63
<b>November</b>	0,24	0,27	0,24	0,14	0,20	0,21

Proses *upwelling* selain membawa massa air dingin juga membawa kadar nutrien yang tinggi dari lapisan bawah. Tingginya kadar nutrien menyebabkan produktivitas tinggi berdasarkan indikator meningkatnya kadar klorofil-a selama musim timur-peralihan II.

### Variabilitas Antar Tahunan Nilai Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a pada Periode *Upwelling*

Berdasarkan hasil analisis nilai rerata suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a selama tahun 2010-2014 tampak terjadi variabilitas antar tahunan. Pada tahun 2010 nilai rerata SPL menunjukkan nilai tertinggi yaitu sebesar 28,82 °C dan rerata konsentrasi klorofil-a terendah yaitu sebesar 0,25 mg/m<sup>3</sup> terkait dengan variabilitas iklim *La Nina* kuat dan IOD positif (+). Hal ini ditunjukkan dengan nilai anomali SST di NINO3,4 pada bulan September-November dengan kisaran antara (-)1,58-(-)1,68 °C dan nilai DMI positif (+) rendah. Pada tahun 2011 menunjukkan rerata SPL terendah sebesar 26,35 °C dan konsentrasi klorofil-a sebesar 0,77 mg/m<sup>3</sup>. Hal ini tampak terkait dengan variabilitas iklim yaitu *La Nina* sedang yang ditunjukkan dari anomali SST di NINO3,4

pada bulan Agustus-Oktober dengan kisaran  $(-0,64-(-)0,97$  °C dan IOD(+) sedang yang berlangsung selama 5 bulan yaitu bulan Juli-November dengan kisaran indeks yaitu 0,53-0,74. Sedangkan rerata konsentrasi klorofil-a tertinggi sebesar  $0,97$  mg/m<sup>3</sup> terjadi pada tahun 2012 dan SPL sebesar  $26,64$  °C. Hal ini tampak terkait dengan variabilitas iklim IOD(+) sedang bulan Juli-November yang menunjukkan nilai DMI sebesar 0,84-0,95 lebih tinggi dari nilai DMI tahun 2011. Selain itu tampak terjadi *El Nino* lemah tampak dari nilai anomali SST di NIÑO3,4 pada bulan Juli-September dengan kisaran  $0,51-0,73$  °C.

Tabel 3. Nilai Variabilitas Antar Tahunan SPL pada Periode *Upwelling*

Tahun	SPL Minimum (°C)	SPL Maksimum (°C)	Rerata SPL Total (°C)
2010	27,97	29,49	28,82
2011	25,13	27,90	26,35
2012	25,43	28,26	26,64
2013	26,28	29,77	27,88
2014	25,84	29,08	27,28

Tabel 4. Nilai Variabilitas Antar Tahunan Konsentrasi Klorofil-a pada Periode *Upwelling*

Tahun	Klorofil-a Minimum (mg/m <sup>3</sup> )	Klorofil-a Maksimum (mg/m <sup>3</sup> )	Rerata Klorofil-a Total (mg/m <sup>3</sup> )
2010	0,22	0,32	0,25
2011	0,27	1,39	0,77
2012	0,24	1,71	0,97
2013	0,14	0,83	0,41
2014	0,14	2,03	0,65

Variabilitas iklim *La Nina* menyebabkan angin timuran bertiup di sepanjang Samudera Pasifik semakin menguat sehingga terjadi perpindahan massa air hangat dari Samudera Pasifik timur ke Samudera Pasifik barat. Penumpukan massa air hangat yang terjadi di Samudera Pasifik barat menyebabkan terjadinya *downwelling*. Hal ini menyebabkan pada periode terjadinya *La Nina*, perairan Samudera Pasifik barat berdampak hingga perairan selatan Cilacap memiliki produktivitas yang rendah tampak dari rerata konsentrasi klorofil-a terendah terjadi pada tahun 2010. Hal ini sesuai dengan pernyataan Saji *et al.* (1999) bahwa saat *La Nina* berlangsung terjadi penumpukan massa air hangat dan menurunnya konsentrasi klorofil-a di Samudera Pasifik barat (termasuk wilayah Indonesia). Sedangkan, di Samudera Pasifik timur terjadi proses penaikan massa air lebih dingin dari lapisan dalam ke lapisan atas sehingga menyebabkan adanya anomali SPL negatif di perairan tersebut dengan konsentrasi klorofil-a yang tinggi.

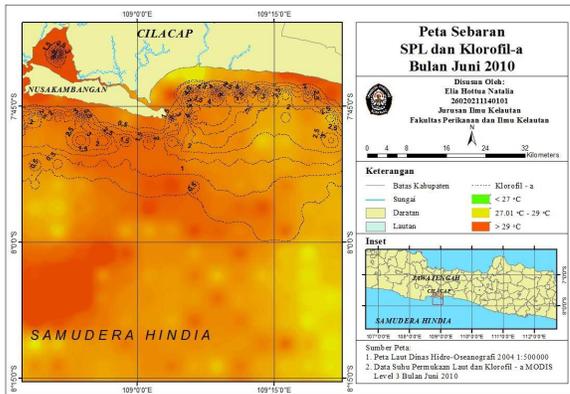
Fenomena IOD(+) mengakibatkan tekanan udara di Samudera Hindia barat lebih rendah dan tekanan udara lebih tinggi di Samudera Hindia timur pada waktu yang bersamaan. Kondisi ini mengakibatkan angin bertiup kuat dari Samudera Hindia timur sekaligus membawa massa air hangat ke Samudera Hindia barat. Hal ini mengakibatkan penumpukan massa air hangat di Samudera Hindia barat sehingga terjadi penurunan muka air laut di Samudera Hindia timur dan kenaikan termoklin serta memicu terjadinya proses penaikan massa air/*upwelling* dari lapisan dalam di Samudera Hindia timur termasuk Perairan Indonesia (Kunarso *et al.*, 2012). Massa air yang berasal dari lapisan dalam ini kaya akan nutrisi sehingga cenderung mengandung banyak fitoplankton yang merupakan dasar rantai makanan di lautan. Perairan yang mengalami proses penaikan massa air merupakan perairan yang subur dan produktivitas primernya tinggi karena

mengandung banyak fitoplankton yang dapat memasok oksigen. Klorofil-a merupakan pigmen yang terkandung dalam fitoplankton dan dijadikan sebagai indikator dari keberadaan fitoplankton. Fenomena IOD(+) sedang yang terjadi lebih berpengaruh daripada fenomena ENSO yang terjadi. Sehingga, meskipun terjadi *La Nina* (yang seharusnya berpengaruh meningkatkan SPL) namun SPL di Perairan Cilacap pada Tahun 2011 paling rendah daripada tahun-tahun yang lain. Selain itu menyebabkan klorofil-a pada tahun 2012 di Perairan Cilacap memiliki rerata tahunan konsentrasi klorofil-a tertinggi selama periode penelitian.

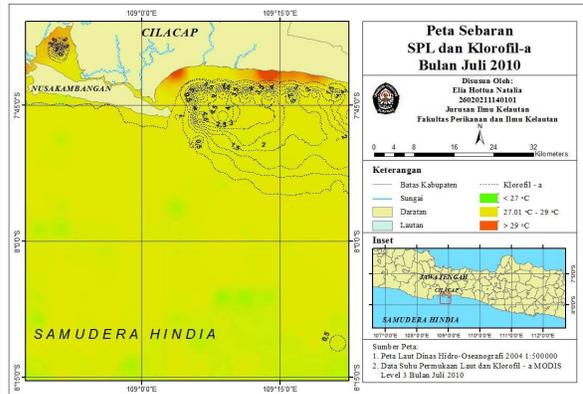
Saat terjadinya *El Nino* angin pasat timur yang bertiup di sepanjang Samudera Pasifik semakin melemah. Tiupan angin tersebut menyebabkan aliran lapisan permukaan air bergerak ke arah Samudera Pasifik timur dan turut membawa massa air hangat dan menyebabkan terjadinya penumpukan massa air hangat di Samudera Pasifik timur. Sedangkan, di Samudera Pasifik barat termasuk Perairan Indonesia terjadi proses penaikan massa air yang berasal dari lapisan dalam untuk menggantikan penurunan massa air di lapisan permukaan akibat dari perpindahan massa air hangat ke Samudera Pasifik timur (Lanuru dan Suwarni, 2011).

### Distribusi Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a Secara Spasial

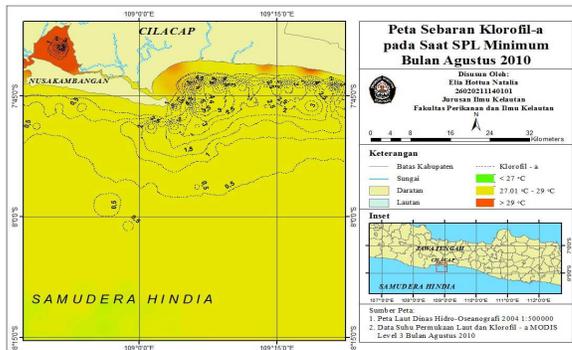
Berdasarkan hasil pengolahan data pada Gambar 1-18, didapatkan gambaran distribusi spasial suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a. Distribusi spasial SPL dan klorofil-a di Perairan Cilacap dipengaruhi oleh arus laut yang dibangkitkan oleh angin monsun. Wyrтки (1963) menyatakan bahwa pola arus di selatan Jawa dibangkitkan oleh angin monsun.



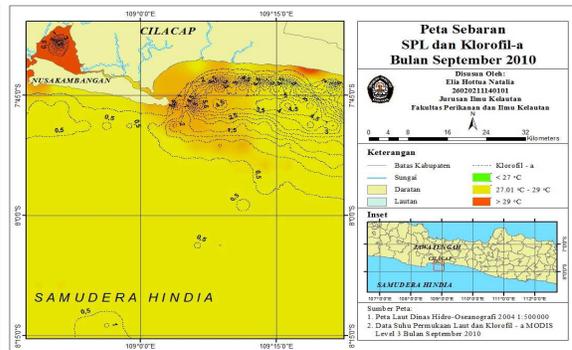
Gambar 1. Peta Sebaran SPL dan Klorofil-a Bulan Juni 2010.



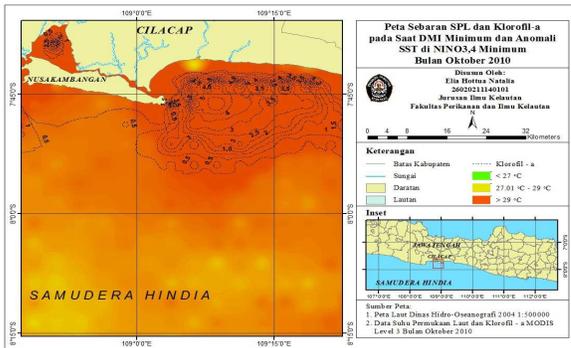
Gambar 2. Peta Sebaran SPL dan Klorofil-a Bulan Juli 2010.



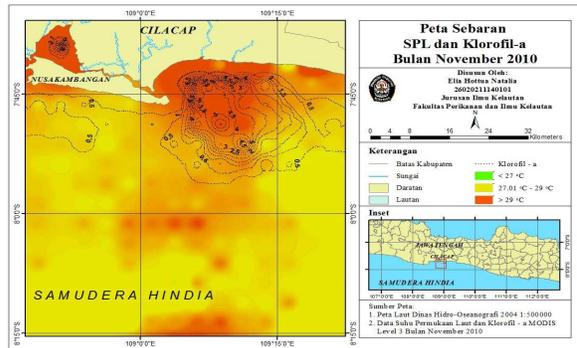
Gambar 3. Peta Sebaran Klorofil-a pada Saat SPL Minimum Bulan Agustus 2010.



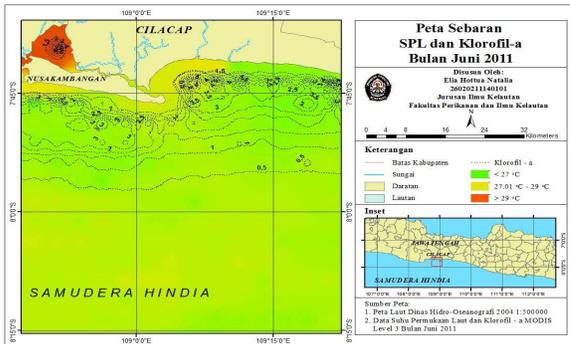
Gambar 4. Peta Sebaran SPL dan Klorofil-a Bulan September 2010 (Sumber: Pengolahan Data Penelitian, 2015)



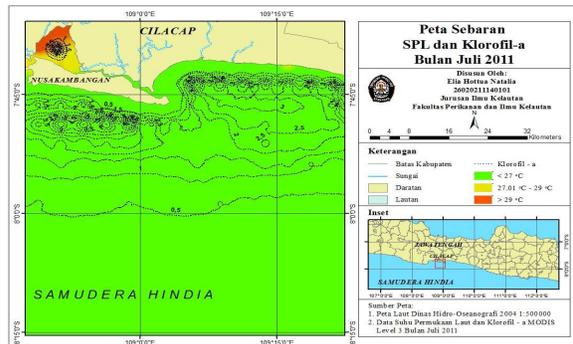
Gambar 5. Peta Sebaran SPL dan Klorofil-a pada Saat DMI Minimum dan Anomali SST di NINO3,4 Minimum Bulan Oktober 2010.



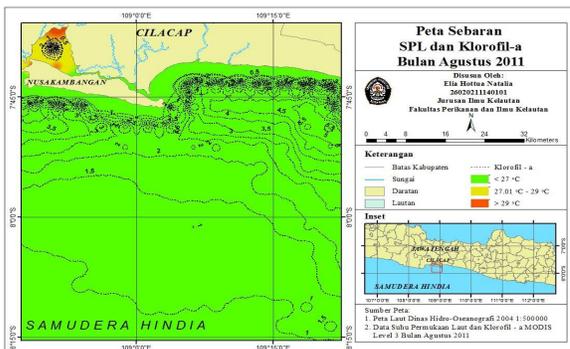
Gambar 6. Peta Sebaran SPL dan Klorofil-a Bulan Oktober 2010.



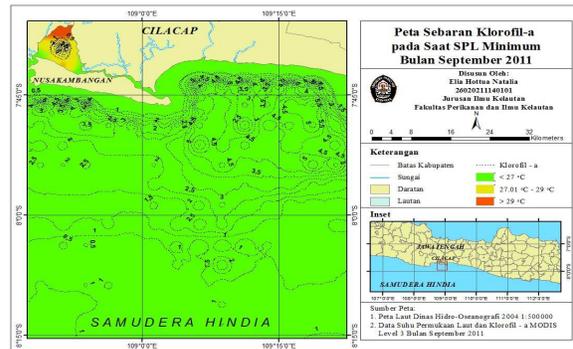
Gambar 7. Peta Sebaran SPL dan Klorofil-a Bulan Juni 2011.



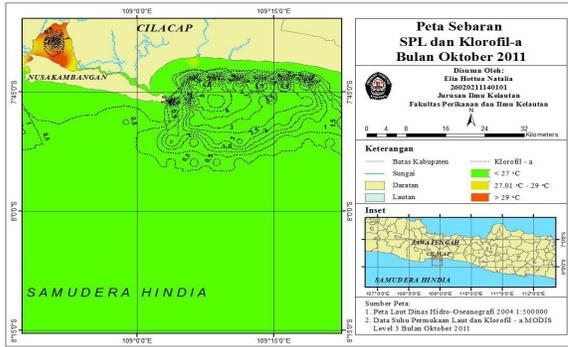
Gambar 8. Peta Sebaran SPL dan Klorofil-a Bulan Juli 2011.



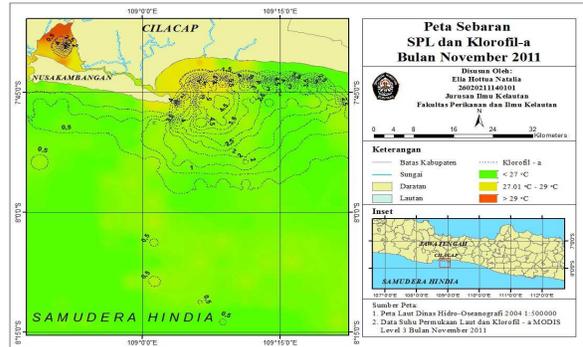
Gambar 9. Peta Sebaran SPL dan Klorofil-a Bulan Agustus 2011.



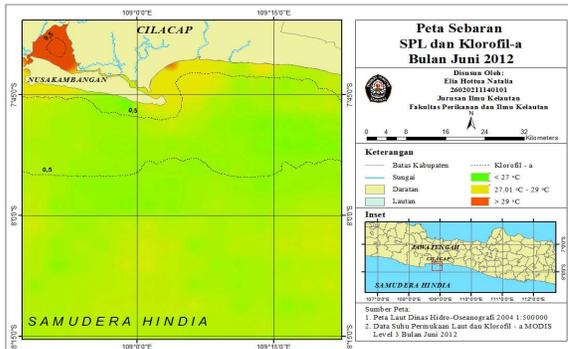
Gambar 10. Peta Sebaran Klorofil-a pada Saat SPL Minimum Bulan September 2011.



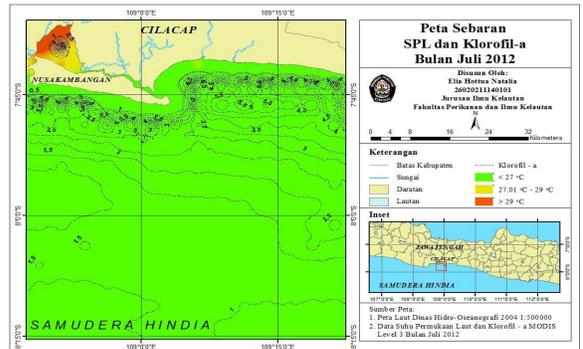
Gambar 11. Peta Sebaran SPL dan Klorofil-a Bulan Oktober 2011.



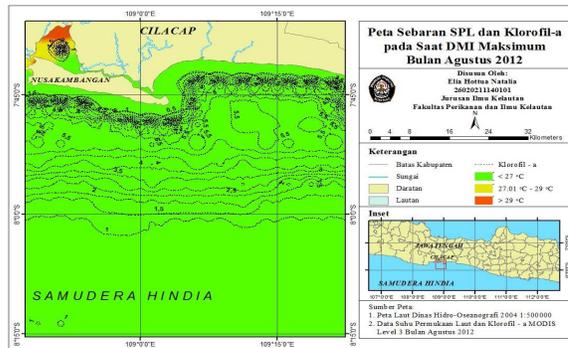
Gambar 12. Peta Sebaran SPL dan Klorofil-a Bulan November 2011.



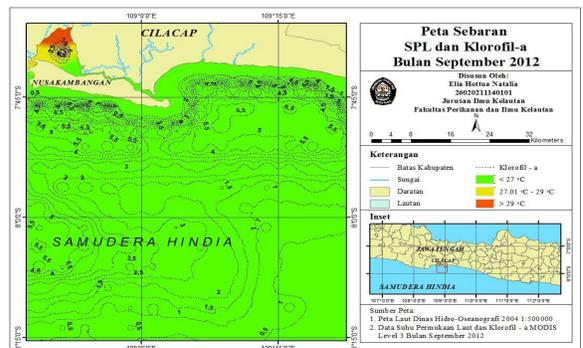
Gambar 13. Peta Sebaran SPL dan Klorofil-a Bulan Juni 2012.



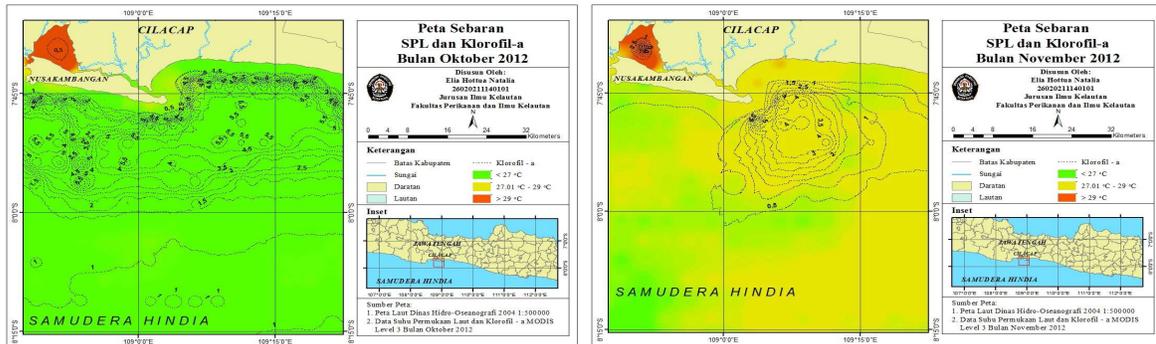
Gambar 14. Peta Sebaran SPL dan Klorofil-a Bulan Juli 2012.



Gambar 15. Peta Sebaran SPL dan Klorofil-a pada Saat DMI Maksimum Bulan Agustus 2012.



Gambar 16. Peta Sebaran SPL dan Klorofil-a Bulan September 2012.



Gambar 17. Peta Sebaran SPL dan Klorofil-a Bulan Oktober 2012.

Gambar 18. Peta Sebaran SPL dan Klorofil-a Bulan November 2012.

Distribusi spasial SPL hangat dan konsentrasi klorofil-a yang terdistribusi paling dekat jaraknya dengan garis pantai diduga dipengaruhi oleh variabilitas iklim *La Nina* kuat dan IOD(+) yang terjadi pada tahun 2010 (Gambar 1-6). Distribusi SPL dan klorofil-a secara spasial pada bulan September tahun 2010 (Gambar 4) menunjukkan distribusi spasial SPL dengan kisaran antara 27,01-29 °C dan nilai konsentrasi klorofil-a yang tinggi sebesar 1 mg/m<sup>3</sup> terdistribusi mencapai titik koordinat 7° 45' 3" LS (9 km dari garis pantai). Distribusi spasial dengan dominan SPL dingin dan konsentrasi klorofil-a yang terdistribusi paling jauh dari garis pantai pada tahun 2011 (Gambar 7-12) dipengaruhi oleh variabilitas iklim *La Nina* sedang dan IOD(+) yang lebih mendominasi karena letak Perairan Cilacap lebih dekat dengan terjadinya fenomena IOD dengan durasi kejadian selama 5 bulan. Distribusi SPL dan klorofil-a pada bulan September tahun 2011 (Gambar 10) secara spasial menunjukkan terjadinya dominan SPL dingin dengan kisaran nilai <27 °C. Pada kondisi tersebut konsentrasi klorofil-a yang tinggi sebesar 1 mg/m<sup>3</sup> terdistribusi lebih jauh dari garis pantai hingga mencapai titik koordinat 8° 15' 0" LS (62 km dari garis pantai). Sedangkan pada tahun 2012 terjadi distribusi spasial dengan dominan SPL dingin, namun konsentrasi klorofil-a terdistribusi lebih dekat dari garis pantai jika dibandingkan dengan tahun 2011. Hal ini dipengaruhi oleh variabilitas iklim yang terjadi pada tahun tersebut yaitu IOD(+) dengan durasi yang lebih sedikit dibandingkan pada tahun 2011 yaitu hanya 3 bulan dan *El Nino* lemah. Pada bulan September 2012 (Gambar 16) distribusi spasial SPL menunjukkan dominasi seperti tahun 2011 yaitu <27 °C, namun konsentrasi klorofil-a yang tinggi sebesar 1 mg/m<sup>3</sup> hanya terdistribusi sampai titik koordinat 8° 12' 9,3" LS (57 km dari garis pantai).

#### 4. Kesimpulan

Suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a mengalami variabilitas secara tahunan, dimana pada musim timur-peralihan II (Juni-November) tahun 2010-2014 terjadi penurunan SPL terendah dan peningkatan konsentrasi klorofil-a tertinggi yang puncaknya terjadi pada bulan September. Suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a mengalami variabilitas secara antar tahunan yang dipengaruhi oleh ENSO dan IOD. Pada saat *La Nina* kuat dan IOD(+) lemah tahun 2010 mengakibatkan distribusi spasial dengan dominan SPL hangat (28,82 °C) dan konsentrasi klorofil-a rendah (0,25 mg/m<sup>3</sup>) yang terdistribusi dengan jarak paling dekat dengan garis pantai (± 9 km).

Tahun 2011 dipengaruhi variabilitas iklim *La Nina* sedang dan IOD(+) sedang dengan periode selama 5 bulan. Pada tahun 2012 dipengaruhi variabilitas iklim *El Nino* lemah dan IOD(+) sedang selama 3 bulan. Distribusi spasial SPL yang terjadi pada tahun 2011 dan 2012 memiliki dominansi SPL dingin masing-masing sebesar 26,35 °C dan 26,64 °C, namun konsentrasi klorofil-a pada tahun 2011 terdistribusi lebih jauh dari garis pantai ( $\pm 62$  km) dibandingkan pada tahun 2012 yang hanya terdistribusi hingga  $\pm 57$  km dari garis pantai.

### **Ucapan Terimakasih**

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada PT (Persero) Pertamina RU IV Cilacap, Jawa Tengah dan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Klas III Cilacap atas fasilitas yang diberikan selama penelitian ini berlangsung, serta kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan artikel ini.

### **Daftar Pustaka**

- Cornelius, T. 2005. SPSS 13: Step by Step Analisis Data Statistik. Andi Offset, Yogyakarta, 310 hlm.
- Dipo, P., F. Syamsudin dan I.W. Nurjaya. 2011. Karakteristik Oseanografi Fisik di Perairan Samudera Hindia Timur pada Saat Fenomena Indian Ocean Dipole (IOD) Fase Positif Tahun 1994/1995, 1997/1998 dan 2006/2007. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 3(2):71-84.
- Kemili, P. dan M.R. Putri. 2012. Pengaruh Durasi dan Intensitas Upwelling Berdasarkan Anomali Suhu Permukaan Laut Terhadap Variabilitas Produktivitas Primer di Perairan Indonesia. *Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 4(1):66-79.
- Kunarso, A. Supangat, N.S. Ningsih dan S. Hadi. 2009. Upwelling dan Fishing Ground Tuna di Laut Nusantara. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 211 hlm.
- Kunarso, M.S. Baskoro, N.S. Ningsih dan S. Hadi. 2011. Variabilitas Suhu dan Klorofil-a di Daerah Upwelling pada Variasi Kejadian ENSO dan IOD di Perairan Jawa Sampai Timor. *Ilmu Kelautan*, 16(3):171-180.
- Kunarso, M.S. Baskoro, N.S. Ningsih dan S. Hadi. 2012. Perubahan Kedalaman dan Ketebalan Termoklin pada Variasi Kejadian ENSO, IOD dan Monsun di Perairan Selatan Jawa Hingga Pulau Timor. *Ilmu Kelautan*, 17(2):87-98.
- Kuswardani, A.R.T.D. 2012. The Development of a Wave-Tide-Circulation Couple Model and Its Upwelling Simulation Application in the Indonesian Seas. [Disertation]. Ocean University of China, China.
- Lanuru, M dan Suwarni, 2011. Pengantar Oseanografi. Universitas Hasanuddin, Makassar, 120 hlm.
- Saji, N.H., B.N. Goswami, P.N. Vinayachandran and T. Yamagata. 1999. A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean. *Nature*, 401:360-363.
- Sugiyono, 2009. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Alfabeta, Bandung, 380 hlm.
- Sulaiman, A, F. Syamsudin, M.C.G. Frederik, M. Sadly, N. Hendiarti, R. Andiastruti dan Y.S. Djajadiharja. 2006. Riset dan Teknologi Pemantauan Dinamika Laut Indonesia. Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta, 126 hlm.
- Wyrtki, K. 1961. *Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters*. University of California, California, 195 p.