

**VARIABILITAS ENSO TERHADAP ARUS PUSARAN DAN
SEBARAN IKAN CAKALANG (*Katsuwonus pelamis*)
DI WILAYAH PENGELOLAAN PERIKANAN 713**

¹ Sharifah L. Ratnasari, ² Syawaluddin A. Harahap, ² Sunarto, ² Noir P Purba, ³ Widodo S. Pranowo

¹ Alumni Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran.
HP.089506438164 / Email : syarifahleila@gmail.com

² Staf Pengajar Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Padjadjaran (Unpad)
Jl Jatinangor-Sumedang Km.21 Bandung

³ Peneliti Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir
Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP)
Jl. Pasir Putih II Ancol Timur, 14430, Jakarta-Indonesia
Tel./Fax.: +62-21-647-00-755 / +62-21-647-11-654

ABSTRACT

The Fisheries Management Area (WPP) RI KP 713 under Decree No. 1 year 2009 includes Makassar Strait, Bone Bay, Flores Sea and the Sea of Bali. WPP-RI 713 is an area traversed by Arlindo. Arlindo occurs due to differences in surface pressure between the Pacific and Indian Oceans that value varies and it is influenced by the ENSO (Gordon et al, 2008). ENSO criteria can affect eddies variations. Eddies can affect the value SPL and salinity will affect the distribution of skipjack fish. This study aimed to analyze the relationship of ENSO variability with eddy patterns and biomass skipjack in 2014 - 2016. The research method was conducted descriptively by visualizing the variability of ENSO and skipjack biomass in the graph. Meanwhile, visualization current distribution patterns, SPL, and salinity using the ODV software. The relationship between all the variables are calculated by linear regression quantitatively. The visualization results indicate ENSO criteria affects eddy patterns, temperature, and salinity. By the time El Nino years of 2014 - 2015 occurred 10-12 eddies, SPL average colder 29°C, and higher salinity 33.3 psu. In 2016 a normal year with decreased eddies 9 incident, SST average 30.2°C, and salinity 33.3 psu. Distribution of Skipjack showed significant patterns between phases Nino years of 2014 - 2015 with the average 2.75 – 3.25 g/m² and a normal year with the average 9:15 g / m². Linear correlation between ENSO and the current showed positive results in 2014 and 2016, whereas in 2015 was negative. The correlation between ENSO and skipjack biomass showed positive results in 2015 and 2016, whereas in 2014 was negative.

Keywords : ENSO, Eddy, Skipjack Biomass, Temperature, Salinity

PENDAHULUAN

Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia atau sering disingkat dengan WPP-RI merupakan wilayah

pengelolaan perikanan untuk penangkapan ikan, konservasi, penelitian dan pengembangan perikanan yang meliputi perairan pedalaman,

perairan kepulauan, laut territorial, zona tambahan, dan zona ekonomi eksklusif Indonesia (ZEEI). Berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan (Kepmen KP) No. 01 tahun 2009 tentang Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia (WPP-RI), Perairan Selat Makassar, Teluk Bone, Laut Flores dan Laut Bali merupakan WPP 713.

WPP 713 merupakan jalur yang dilalui oleh Arlindo, yaitu massa air dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia melewati perairan Indonesia terutama Selat Makassar karena perbedaan tekanan permukaan antar Samudera yang bervariasi (Gordon *et al*, 2008). Perbedaan tekanan udara permukaan laut tersebut dipengaruhi oleh ENSO, yaitu interaksi atmosfer dan laut antar tahunan oleh perbedaan tekanan permukaan antara Samudera Pasifik Timur dan barat sehingga terjadi perpindahan kolam panas (Tjasyono, 2008).

Menurut Prayitno (2008), Arlindo yang keluar melalui Selat Lombok mempengaruhi arus pusaran di selatan provinsi Bali sehingga tampak lebih kuat. Menurut Nuzula *et al* (2016) Kriteria ENSO dapat mempengaruhi variasi *eddy*.

Topografi dan garis pantai dapat menyebabkan terjadinya *eddy* seperti yang terjadi di Selat Makassar (Kartadikaria *et al*, 2011). *Eddy* terbagi menjadi 2 jenis, yaitu siklonik (searah jarum jam) dan antisiklonik (berlawanan arah jarum jam). *Eddy* ini dapat terjadi di beberapa bulan dalam setahun. Terdapat dua tipe arus *eddy*, tipe pertama adalah yang terbentuk akibat interaksi aliran arus dengan topografi, dan akibat angin (Mann *et al*, 2006).

Variabilitas musiman maupun tahunan diakibatkan oleh arah angin yang berubah mengikuti sistem muson Australia-Asia (Australasia). Jumlah

presipitasi atau curah hujan yang besar, evaporasi, masukan air tawar (*run off*), proses pengadukan (*mixing*), serta perubahan arus akibat pergantian musim akan mempengaruhi sebaran salinitas di laut (Ilahude, 1999). Selama angin muson barat, curah hujan akan meningkat dan menurunnya salinitas perairan. Sebaliknya pada muson timur, terjadi peningkatan salinitas akibat penguapan yang besar, ditambah dengan masuknya massa air yang bersalinitas tinggi dari Samudra Pasifik melalui Laut Sulawesi dan masuk ke perairan Selat Makassar (Wyrski 1961).

Ikan cakalang hidup pada perairan dengan kadar salinitas 33-35‰ (Suharto, 1992). Penyebaran ikan cakalang di suatu perairan adalah pada suhu rendah yaitu 17°C-23°C dan suhu optimum untuk penangkapan adalah 20°C-22°C (Laevastu and Hayes, 1981). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variabilitas ENSO secara tahunan,

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November hingga Desember tahun 2016. Pengolahan data dilaksanakan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir (P3SDLP), Jalan Pasir Putih I, Ancol Timur, Jakarta. Berdasarkan letak geografis, WPP 713 merupakan wilayah yang terdiri dari Perairan Selat Makassar, Teluk Bone, Laut Flores dan Laut Bali. Posisi koordinat WPP 713 yaitu batas utara 1.350408, selatan - 8.743726, barat 114.344314, dan timur 122.881582. Luas daerah WPP 713 sebesar $\pm 655.865,0 \text{ km}^2$.

Software yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Ocean Data View* (ODV) untuk memvisualisasikan peta sebaran oseanografi, dan *Microsoft Excel* untuk mengolah data statistik untuk analisis korelasi. Data oseanografi

yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Arus, Suhu, Salinitas, dan Biomassa Ikan Cakalang dengan komposit harian, resolusi 1/12, dan sumber INDESO selama 2014 – 2016. Data oseanografi yang digunakan merupakan perwakilan dari setiap musim. Indeks SOI memiliki komposit bulanan yang bersumber dari situs *Australian Government Bureau of Meteorology* (2014 – 2016).

Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif untuk menjelaskan keterkaitan ENSO terhadap arus pusaran (*eddy current*) dan sebaran ikan, serta kondisi oseanografis yang berkaitan dan sebaran ikan cakalang secara periodik di WPP 713. Hasil *output* data oseanografi yang dianalisis berupa peta pola sebaran arus, suhu dan salinitas secara spasial maupun temporal dalam periode 2014 – 2016 dan diolah secara statistik untuk dianalisis korelasi linear regresif Hasil *output* data biomassa ikan cakalang dan indeks SOI yaitu grafik.

Analisis ENSO dilakukan dalam beberapa kategori sebagai berikut :

- Nilai SOI bernilai antara -7 sampai +7 menunjukkan kondisi normal.
- Nilai SOI -7 dan +7 menunjukkan kondisi *El Nino* dan *La Nina*.
- Nilai SOI bernilai -7 sampai -10 dan +7 sampai +10 menunjukkan kondisi *El Nino* sedang dan *La Nina* sedang.
- Nilai SOI bernilai < -10 dan > +10 menunjukkan kondisi *El Nino* dan *La Nina* kuat.

Hasil keeratan yang didapatkan dari perhitungan antar variabel dengan menggunakan korelasi pearson

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}$$

Keterangan :

r = Pearson r correlation coefficient

xi = Variabel yang dikorelasikan berupa indeks SOI

x = Rata-rata variabel x

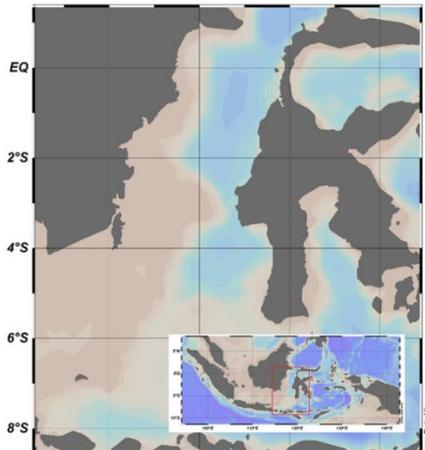
yi = Variabel yang dikorelasikan berupa hasil energy kinetic eddy dan biomassa ikan cakalang

y = Rata-rata variabel y

Interpretasi dari nilai kekuatan hasil korelasi (*Pearson Correlation*) dapat ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 1. Nilai Kekuatan Hubungan Hasil Korelasi (*Pearson correlation*)

Interval Korelasi	Interpretasi
1	Korelasi linear positif sangat tinggi
0.99 – 0.81	Korelasi linear positif tinggi
0.80 – 0.61	Korelasi linear positif cukup
0.60 – 0.41	Korelasi linear positif agak rendah
0.40 – 0.21	Korelasi linear positif rendah
0.20 – 0.01	Korelasi linear positif sangat rendah
0	Tidak berkorelasi linear, tetapi masih dimungkinkan berkorelasi non linear
-0.01 – -0.20	Korelasi linear negatif sangat rendah
-0.21 – -0.40	Korelasi linear negatif rendah
-0.41 – -0.60	Korelasi linear positif agak rendah
-0.61 – -0.80	Korelasi linear positif cukup
-0.81 – -0.99	Korelasi linear positif tinggi
-1	Korelasi linear positif sangat tinggi

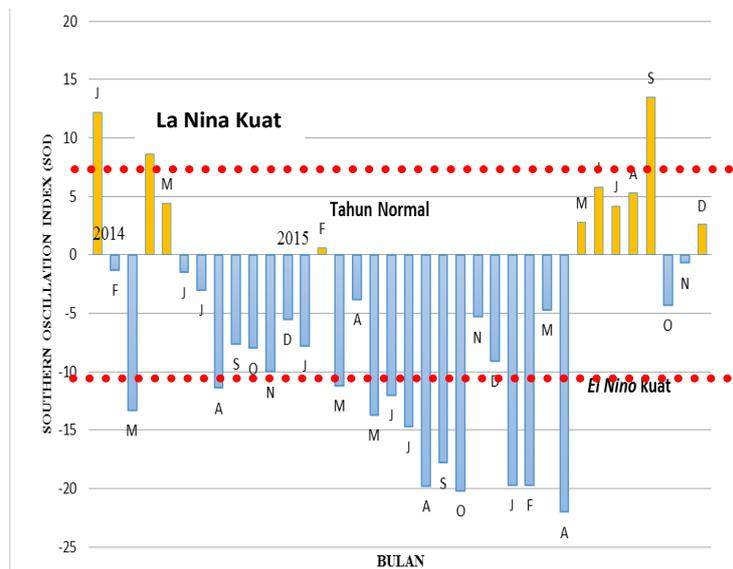


Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Variabilitas ENSO 2014 – 2016

ENSO merupakan variabilitas iklim tahunan yang diakibatkan oleh anomali tekanan permukaan udara di daerah Tahiti (Samudera Pasifik Timur) dan Darwin (Samudera Hindia Barat dan Indonesia) yang menyebabkan perbedaan suhu permukaan laut. *El Nino* dan *La Nina* berlangsung selama 3 bulan berturut – turut. Variabilitas ENSO pada tahun 2014 – 2016 dapat diketahui dengan nilai SOI (*Southern Oscillation Index*) pada Gambar 2.



Gambar 2. Variabilitas ENSO pada tahun 2014 – 2016

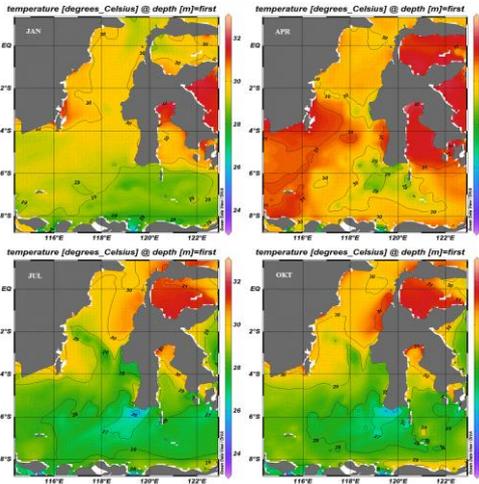
Pada grafik SOI dapat dilihat bahwa pada rentan waktu 2014 hingga 2016 telah terjadi *El Nino* dengan fase sedang dan kuat pada tahun 2014 hingga 2015. Sementara pada tahun 2016 merupakan fase normal dari ENSO. Hal ini ditunjukkan pada bulan agustus hingga november tahun 2014 dengan nilai SOI lebih dari -7 dengan *El Nino* terkuat pada Agustus dengan nilai SOI -11.4. Pada tahun 2015 terjadi *El Nino* kuat pada Mei – Oktober dengan nilai SOI -20.2. Pada tahun 2016 merupakan

tahun normal. Menurut National Weather Service (2006) ENSO terjadi setiap 2 – 7 tahun dan berakhir pada 9 – 12 bulan. Hal ini menunjukkan bahwa ENSO tidak memiliki pola karena terjadi pada bulan dan tahun yang tidak menentu. Selain itu, lama terjadinya ENSO dan kekuatannya tidak menentu pada setiap periodenya. Anomali SPL ini telah terjadi sejak tahun 1950 dan sampai saat ini diketahui bahwa periode ENSO terkuat terjadi pada tahun 1997 dan tahun 2015 (NOAA, 2016).

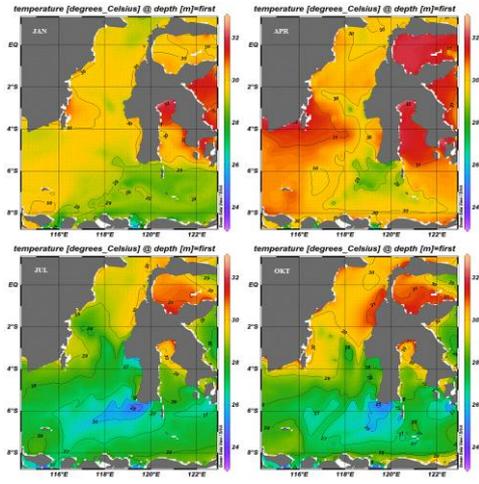
b. Kondisi SPL di WPP 713

Pada gambar 3,4,5 menunjukkan suhu permukaan laut semakin mendingin

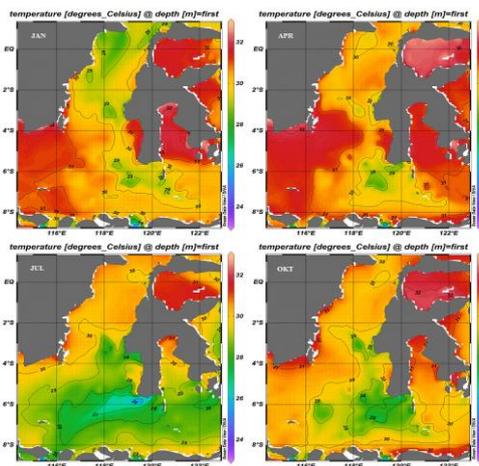
pada Laut Flores dan Laut Bali dan tinggi pada perairan Selat Makassar.



Gambar 3. Suhu Permukaan Laut di WPP 713 tahun 2014



Gambar 4. Suhu Permukaan Laut di WPP 713 tahun 2015



Gambar 5. Suhu Permukaan Laut di WPP 713 tahun 2016

Pada saat Menurut Yahya (2000) bahwa sebaran SPL di Selat Makassar rata-rata berkisar antara 24-30.34°C, dengan suhu tertinggi pada musim peralihan barat-timur, suhu perairan mengalami penurunan selama musim timur, kemudian meningkat kembali memasuki musim peralihan timur-barat. Selama Muson Tenggara suhu permukaan Laut Flores menurun hingga berada di bawah 28°C. Selama periode

muson tenggara, gesekan angin ke arah barat lebih kuat.

Hasil gambar merupakan perwakilan dari setiap musim, yaitu januari mewakili musim barat, bulan april mewakili musim peralihan I, bulan Juli mewakili musim timur, dan bulan Oktober mewakili musim peralihan II. Pola penyebaran suhu permukaan laut di WPP 713 secara spasial dan temporal menunjukkan pola yang berbeda. Diawali tahun 2014 pada bulan januari

dengan kisaran SPL 26.13 – 32.18°C dan rata-rata 29,49°C lalu meningkat pada bulan april dengan kisaran SPL 27.47 – 32.37°C dan rata-rata 30,58°C. Setelah itu, suhu berangsur menurun pada bulan Juli dengan kisaran SPL 22.83 – 31.74°C dan rata-rata 28,74°C. Kemudian SPL sedikit meningkat pada bulan oktober dengan kisaran SPL 25.34 – 31.82°C dan rata-rata 29.02°C. Pola penyebaran suhu permukaan laut pada tahun 2015 tidak menunjukkan perubahan yang signifikan daripada tahun sebelumnya (Gambar 4).

Diawali pada bulan januari dengan kisaran SPL 26.11 – 32.44°C dan rata-rata SPL 29,57°C dan meningkat pada bulan april dengan kisaran SPL 27.65 – 32.36°C dan rata-rata SPL 30,45°C. Kemudian mengalami penurunan pada bulan juli dengan kisaran SPL 25.53 – 31.7 °C dan rata-rata SPL 28,11°C. Kemudian sedikit meningkat pada bulan oktober dengan kisaran SPL 27.04 – 32.4°C dan rata-rata SPL 28,54°C. Hal ini menunjukkan bahwa pada tahun 2015 suhu permukaan laut mengalami sedikit penurunan daripada tahun sebelumnya (Gambar 4).

Illahude dan Gordon (1996) dalam Inaku (2011) menyebutkan bahwa kedua musim (barat dan timur) SPL di ujung sebelah selatan Selat Makassar lebih rendah dari pada yang utara. SPL yang lebih dingin kemudian masuk ke Laut Flores dan Laut Banda. Hal ini dapat terlihat pada gambar 13 dan 14 dimana perbedaan suhu yang signifikan antara bagian utara Selat Makassar yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian selatan hingga Laut Flores dan Laut Bali.

Secara umum perubahan suhu dan klorofil-a di laut dipengaruhi oleh ENSO dan IOD, sebagaimana telah dijelaskan oleh Susanto *et al.* (2001) dan Susanto dan Marra, (2005). Hal ini sesuai dengan penelitian ini, dimana pada tahun 2016 suhu permukaan laut lebih tinggi dibandingkan tahun 2014

dan 2015. Rendahnya suhu permukaan laut pada tahun 2014 dan 2015 disebabkan oleh kejadian *El Nino* sedang dan kuat pada tahun 2014 dan *El Nino* kuat pada tahun 2015. Berdasarkan indeks SOI, pada tahun 2014 *El Nino* kuat dan sedang terjadi pada bulan Agustus hingga November. Sedangkan pada tahun 2015, *El Nino* kuat terjadi pada bulan Mei hingga Oktober.

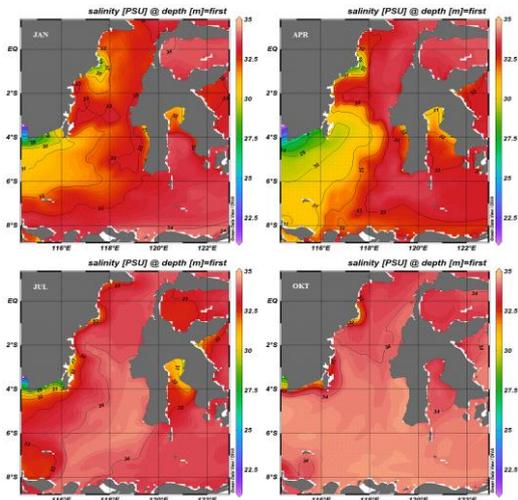
Pola penyebaran suhu permukaan laut pada tahun 2016 menunjukkan perubahan yang signifikan dibandingkan dua tahun sebelumnya (Gambar 15). Diawali pada bulan januari dengan kisaran SPL 26°C – 33°C dan rata-rata 29,57°C. Pada bulan april SPL mulai meningkat dengan kisaran SPL 27°C – 33°C dan rata-rata 30,45°C. Kemudian mengalami penurunan pada bulan juli dengan kisaran SPL 25°C – 32°C dan rata-rata 28,11°C. Pada bulan oktober kembali meningkat dengan kisaran SPL 27°C – 32°C dan rata-rata 28,54°C. Hal ini menunjukkan bahwa pada tahun 2016 suhu permukaan laut mengalami kenaikan daripada tahun 2014 dan 2015 (Gambar 5). Pada tahun 2016 suhu permukaan laut di WPP 713 mengalami sedikit peningkatan daripada dua tahun sebelumnya. Hal ini dikarenakan pada tahun 2016 merupakan tahun normal dari kejadian *El Nino* Southern Oscillation. Pada tahun 2016 mengalami kenaikan suhu permukaan laut sebesar $\pm 1^\circ\text{C}$ daripada tahun 2014 dan 2015. Pada tahun 2014 kondisi oseanografi WPP 713 sedang mengalami fase *El Nino* sedang, dan pada tahun 2015 sedang mengalami fase *El Nino* kuat. Maka dari itu, suhu permukaan laut pada tahun 2016 lebih tinggi jika dibandingkan dengan tahun 2014 dan 2015.

c. Kondisi Salinitas di WPP 713

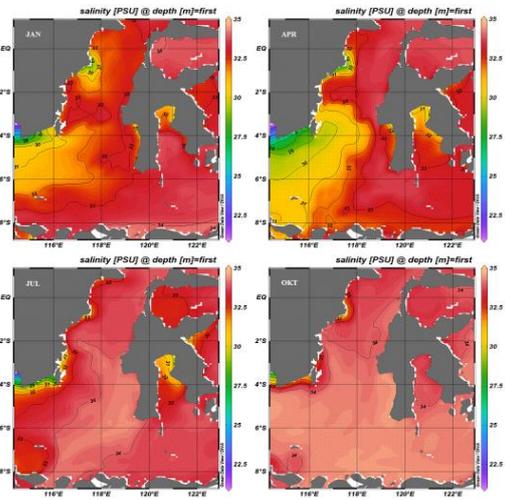
Pada saat *La Niña* debit (volume) transpor lebih besar karena menguatnya angin pasat sehingga terjadi *presipitasi*

yang menurunkan salinitas di Indonesia bagian timur (Safitri *et al.* 2012). Pola penyebaran salinitas selama tahun 2014

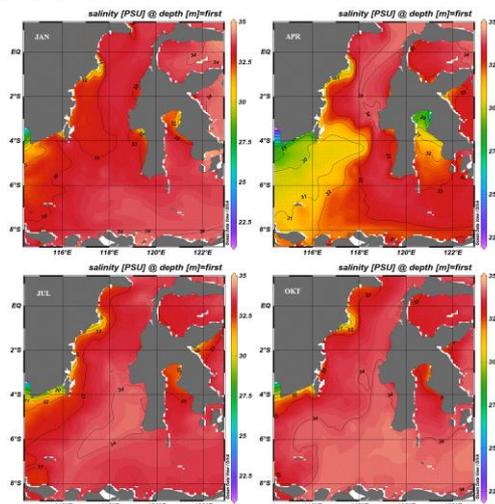
– 2016 menunjukkan tingginya kadar salinitas tahun 2014 dan 2015 saat *El Nino*.



Gambar 6. Salinitas di Permukaan WPP 713 pada Tahun 2014



Gambar 7. Salinitas di Permukaan WPP 713 pada Tahun 2015



Gambar 8. Salinitas di Permukaan WPP 713 pada Tahun 2016

Pada tahun 2014 salinitas menurun pada Musim Barat, yaitu utara Laut Bali. Kisaran nilai salinitas pada Januari 2014 yaitu 22 - 34 psu dan rata-rata 32,8 psu. Salinitas rendah meluas pada Peralihan I, yaitu Laut Bali, sebagian Laut Flores, dan Teluk Bone. Kisaran nilai salinitas pada April 2014 yaitu 21,5 - 34 psu dan rata-rata 32,3 psu. Tingginya presipitasi di daerah tropis dan sedikitnya sungai besar di Indonesia bagian timur menyebabkan salinitas kurang dari 34⁰/₀₀

(Wyrcki, 1961). Pada Musim Timur salinitas tinggi menyebar kecuali sebagian Teluk Bone. Kisaran nilai salinitas pada Juli 2014 yaitu 24 – 34 psu dan rata-rata 33,5 psu. Pada Musim Peralihan 2 salinitas tinggi menyebar hampir ke seluruh permukaan laut. Kisaran nilai salinitas pada Oktober 2014 yaitu 28.4 – 34.7 psu dan rata-rata 34 psu (Gambar 6). Menurut Heryati (2016) peningkatan salinitas rata – rata tahun 2014 terjadi pada bulan Agustus –

November oleh kejadian *El Nino*. Menurut Hadi (2006) dalam Heryati (2016), pada Musim Timur (Juni, Juli, Agustus) di selatan ekuator dan timur laut di utara ekuator bertiup angin muson tenggara sehingga perairan Indonesia bersalinitas lebih tinggi. Pada bulan Juli, salinitas tinggi berada di wilayah timur terutama Selat Makassar. Pada Musim Barat dan peralihan 1, nilai salinitas menurun. Hal ini dikarenakan tingginya presipitasi dan masukan air tawar (*run off*) dari Kalimantan oleh aliran sungai.

Pola penyebaran salinitas di WPP 713 pada tahun 2015 hampir sama seperti tahun 2014 namun lebih tinggi pada Gambar 7. Kisaran nilai salinitas Januari 2015 pada Musim Barat yaitu 23 psu – 34.5 psu dan rata-rata 33 psu. Kisaran nilai salinitas April 2015 pada Musim Peralihan I yaitu 22.6 - 34 psu dan rata-rata 32.3 psu. Kisaran nilai salinitas Juli 2015 pada Musim Timur yaitu 23.4 – 34.4 psu dan rata-rata 33.6 psu. Kisaran nilai salinitas Oktober 2015 pada Musim Peralihan II yaitu 28.3 – 34.7 psu dan rata-rata 34.2 psu. Pola penyebaran salinitas Musim Peralihan I mengikuti pola kontur batimetri antara perairan Kanal Labani dan Selat Makassar bagian tenggara hingga Laut Flores (Gambar 17). Kanal Labani merupakan perairan yang dangkal di barat laut Selat Makassar dan Selat Makassar bagian timur merupakan perairan dalam. Penyebaran salinitas yang rendah terlihat signifikan pada Kanal Labani dan salinitas tinggi di bagian tenggara Selat Makassar hingga Laut Flores. Indikasi terjadinya penyebaran salinitas rendah oleh *run off* dari aliran sungai Kalimantan. Sungai terpanjang di Kalimantan yaitu Sungai Barito yang berhulu dari Kalimantan Tengah hingga bermuara ke Selatan dan mengalir hingga Laut Jawa dengan panjang ± 1000 km.

Menurut Naulita (2016) jika dilihat dari batimetri perairan Kanal Labani, tampaknya massa air ITF terbatas pada perairan dalam (>1000 m) ke Laut Flores. Karakter massa air yang berbeda pada sisi timur bagian bawah – barat menunjukkan massa air dengan pengaruh daratan Kalimantan dan Laut Jawa masuk ke Selat Makassar dan melewati Kanal Labani. Muara Sungai Barito membawa massa air tawar yang berlimpah dan mengencerkan salinitas pesisir terdekat. Sungai lainnya yaitu Sungai Kahayan dan Kapuas. Kalimantan Selatan merupakan wilayah kepulauan yang memiliki sungai yang besar dan mengalir ke laut (Iriadenta, 2013).

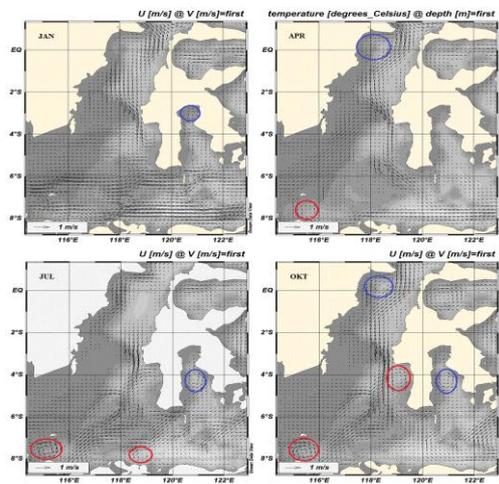
Pola penyebaran salinitas di WPP 713 tahun 2016 pada Gambar 8. Pada Musim Barat, salinitas tinggi hampir di seluruh permukaan karena pengaruh Musim peralihan 2 dan *El Nino* kuat dengan SOI 19.7. Kisaran salinitas pada Januari 2016 yaitu 26 – 34.7 psu dan rata-rata 33.4 psu. Pada Musim Peralihan 1 salinitas rendah ke Laut Bali, Laut Flores, dan utara Teluk Bone. Kisaran salinitas April 2016 yaitu 23.3 – 34.3 psu dan rata-rata 32.5 psu. Pada Musim Timur salinitas tinggi hampir ke seluruh permukaan, kecuali utara Teluk Bone. Kisaran salinitas Juli 2016 yaitu 25.7 – 34.2 psu dan rata-rata 33.4 psu. Pada Musim Peralihan 2 salinitas tinggi ke seluruh permukaan. Kisaran salinitas Oktober 2016 yaitu 27.3 – 34.3 psu dan rata-rata 33.8 psu.

d. Pola Arus di WPP 713

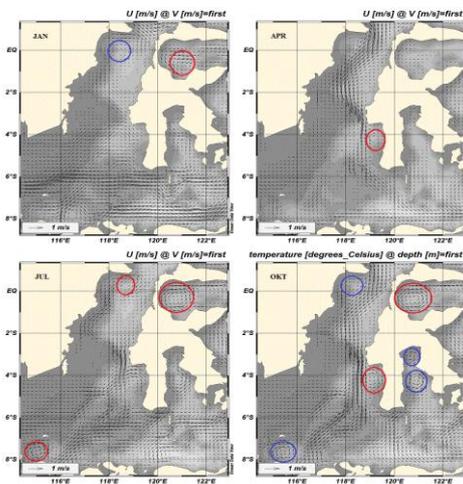
Kecepatan arus maksimum Januari 2014 yang mewakili Musim Barat sekitar 1.07 m/s dan melemah pada April yang mewakili Musim Peralihan I sekitar 0.99 m/s. Arus mulai menguat pada Juli yang mewakili Musim Timur dengan kekuatan maksimum arus sekitar 1.05 m/s. Arus terkuat terjadi pada Oktober

yang mewakili Musim Peralihan II dengan kekuatan maksimum arus sekitar 1.16 m/s. Fenomena ENSO mempengaruhi volume debit arus, saat El Nino debit arus melemah dan terjadinya *upwelling*. Menurut Ahmad (2016) volume transpor Arlindo berbeda saat El Niño dan La Niña, dengan transport tertinggi saat periode La Niña. Kuat lemahnya volume debit arus juga mempengaruhi pola arus pusaran. Pola arus pusaran permukaan laut tahun 2014 dapat dilihat pada Gambar 9. Eddy terbentuk sebanyak 10, yaitu 5 *eddy*

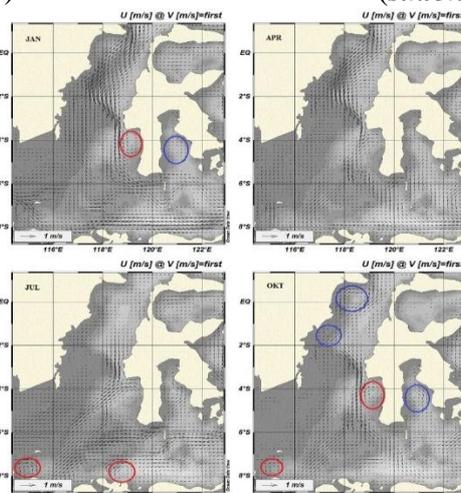
siklonik dan 5 antisisiklonik. Pada Januari *eddy* siklonik terbentuk 1 kejadian di Teluk Bone. Pada April *eddy* terbentuk 2 kejadian, yaitu *eddy* siklonik di utara Selat Makassar dan *eddy* antisisiklonik di Laut Bali. Pada Juli *eddy* terjadi 3 kejadian, yaitu *eddy* siklonik di Teluk Bone, Laut Bali dan Laut Flores terjadi *eddy* antisisiklonik. Puncak *eddy* pada Oktober terjadi 4 kejadian di utara Selat Makassar yaitu Teluk Bone terjadi *eddy* siklonik, dan Laut Bali terbentuk *eddy* antisisiklonik karena El Nino sedang dengan SOI -8.



Gambar 9. Pola Arus Pusaran Permukaan Laut tahun 2014 ditandai merah (*antisisiklonik*) dan biru (*siklonik*).



Gambar 10. Pola Arus Pusaran Permukaan Laut tahun 2015 merah (*antisisiklonik*) dan biru (*siklonik*)



Gambar 11. Pola Arus Pusaran Permukaan Laut 2016 ditandai merah (*antisisiklonik*) dan biru (*siklonik*)

Eddy di Selat Makassar terbentuk karena topografi dan garis pantai yang kompleks. Perairan ini memiliki kedalaman lebih dari 2000 meter (Kartadikaria *et al* 2011 dalam Nuzula *et al* 2016) dan berada diantara dua pulau yang mengapit. Menurut Wyrki (1961) dalam Kunarso *el al* (2011) di selatan Jawa Timur–Bali terutama musim timur sering terbentuk arus melingkar (*eddy current*) akibat pertemuan Arus Pantai Jawa (APJ) dengan Arus Katulistiwa Selatan (AKS). Arus pusar di selatan Bali lebih kuat (Prayitno, 2008 dalam Kunarso *el al*, 2011). Hal ini karena Arus Lintas Indonesia (Arlindo) yang keluar melalui Selat Lombok pada musim timur memiliki energi besar hingga 1,7 sv (1 sv = 106 m³/s) (Gordon, 2005 dalam Kunarso *el al*, 2011).

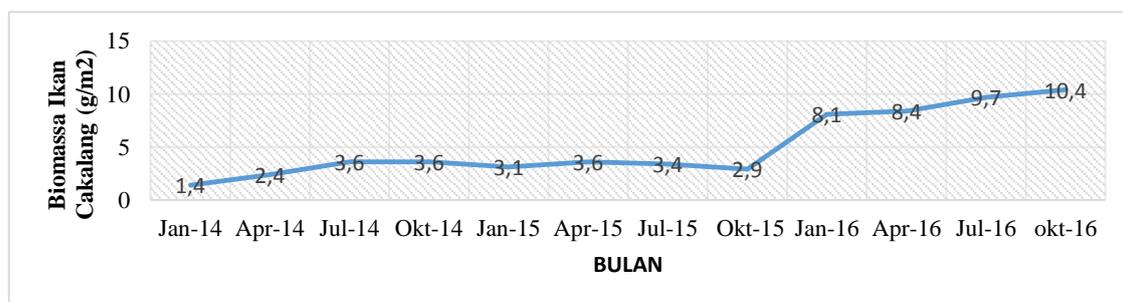
Kekuatan arus pada tahun 2015 memiliki kecepatan arus maksimum pada Januari yang mewakili Musim Barat sekitar 0.93 m/s, menguat pada bulan April yang mewakili Musim Peralihan I sekitar 1.01 m/s, terkuat bulan Juli yang mewakili Musim Timur sekitar 1.21 m/s, dan sedikit melemah pada Oktober yang mewakili Musim Peralihan II sekitar 1.11 m/s. Kekuatan arus pada tahun 2015 lebih lemah dibandingkan dengan tahun 2014 karena sedang terjadinya *El Nino* kuat.

Pola arus pusaran permukaan laut di WPP 713 tahun 2015 dapat dilihat pada Gambar 10. *Eddy* terbentuk 12 kejadian, diantaranya 5 *eddy* siklonik

dan 7 antisiklonik. Pada Januari yang mewakili Musim Barat, 1 *eddy* siklonik terbentuk di utara Selat Makassar. Pada April yang mewakili Musim Peralihan I, *eddy* terbentuk 1 kejadian, yaitu selatan Selat Makassar terjadi *eddy* siklonik. Pada Juli yang mewakili Musim Timur, *eddy* terbentuk 2 kejadian, yaitu *eddy* antisiklonik utara Selat Makassar dan Laut Bali. Puncak *eddy* terjadi pada Musim Peralihan II sebanyak 5 kejadian, yaitu utara Selat Makassar terbentuk *eddy* siklonik, utara dan selatan Teluk Bone terjadi 2 *eddy* siklonik, dan Laut Bali.

e. Sebaran Ikan Cakalang

Sebaran ikan cakalang menggunakan data model Indeso dalam bentuk biomassa selama 2014 – 2016, terlihat hasil yang relatif homogen dan peningkatan yang signifikan pada 2016. Jumlah terbanyak pada Oktober 2016 yang mewakili Musim Peralihan II (Gambar 12). Fenomena ENSO dan Arus Pusaran atau *eddy* mempengaruhi faktor oseanografi optimum Ikan Cakalang seperti suhu, salinitas, dan arus. Pada saat *El Nino* terjadi penurunan SPL dan kenaikan salinitas, dan sebaliknya pada *La Nina*. Ikan Cakalang menyukai perairan dengan SPL yang relatif hangat dan salinitas rendah. Ikan Cakalang hidup pada perairan dengan kadar salinitas 33-35 ‰ (Suharto, 1992). Hal ini dapat dilihat pada tahun 2016, biomassa Ikan Cakalang mengalami



Gambar 12. Grafik Biomassa Ikan Cakalang Terhadap Waktu

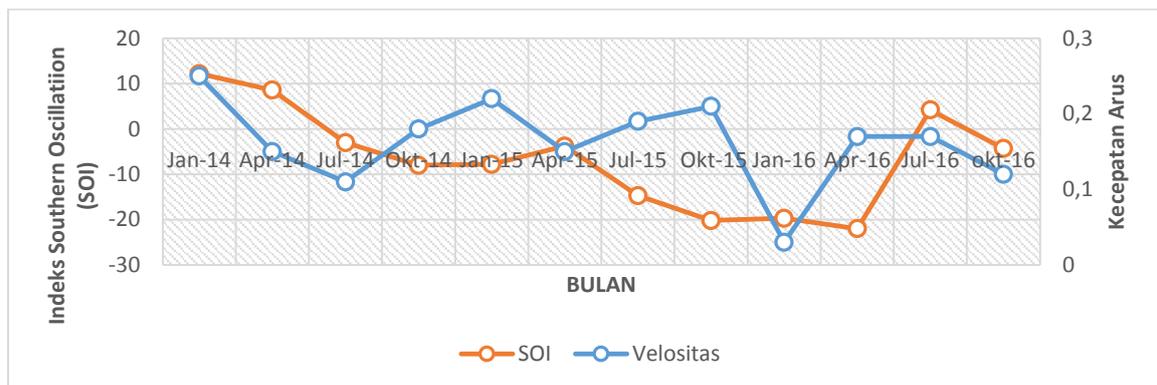
peningkatan secara signifikan karena menurunnya kadar salinitas dan menghangatnya SPL.

Biomassa ikan cakalang pada 2014 relatif meningkat, dan mencapai puncak pada Musim Timur dan Peralihan I (Gambar 22). Pada Januari mewakili Musim Barat sekitar 1.4 g/m². Pada April yang mewakili Musim Peralihan I mulai bertambah sekitar 2.4 g/m². Pada Juli yang mewakili Musim Timur terus bertambah sekitar 3.6 g/m². Pada Oktober yang mewakili Musim Peralihan II tidak mengalami perubahan. Biomassa ikan cakalang pada tahun 2015 relatif homogen, dengan jumlah lebih besar dibandingkan 2014. Pada Januari

sekitar 3.1 g/m². Pada bulan April bertambah sekitar 3.6 g/m². Pada bulan Juli terus bertambah sekitar 3.4 g/m². Pada bulan Oktober menurun sekitar 2.9 g/m². Biomassa ikan cakalang tahun 2016 mengalami peningkatan yang signifikan. Pada Januari sekitar 8.1 g/m². Pada bulan April bertambah sekitar 8.4 g/m². Pada Juli bertambah sekitar 9.7 g/m². Pada bulan Oktober sekitar 10.4 g/m².

f. Korelasi ENSO, Arus, dan Sebaran Ikan Cakalang

Kejadian *El Nino* juga menyebabkan kekuatan arus melemah di Indonesia, namun banyaknya variasi terbentuknya *eddy*.



Gambar 13. Grafik Korelasi ENSO terhadap Arus

Grafik fluktuasi antara Indeks SOI dengan velositas ditunjukkan pada Gambar 23. Saat *El Nino* sedang tahun 2014 menunjukkan nilai korelasi linear positif agak rendah. Grafik pada bulan Januari – Juli memiliki pola yang searah dengan korelasi positif tinggi yang menunjukkan saat *La Nina* transpor arus kuat, saat indeks SOI mendekati *El Nino* transpor arus melemah. Pada Juli – Oktober pola berlawanan dengan korelasi negatif cukup tinggi yang menunjukkan saat *El Nino* kuat transpor arus meningkat. Pada Oktober 2014 – Januari 2015 pola kembali normal dengan korelasi positif rendah yang menunjukkan saat transpor arus menguat, indeks SOI sedikit meningkat.

Saat *El Nino* kuat tahun 2015 menunjukkan korelasi negatif agak rendah karena pada grafik memiliki pola yang tidak searah. Saat indeks SOI meningkat ke *La Nina* transpor arus tidak berubah dan saat SOI menurun ke *El Nino* transpor arus menguat. Pada tahun 2016 terjadi tahun normal yang menunjukkan nilai korelasi negatif rendah. Grafik bulan Januari – Juli memiliki pola yang tidak searah dengan korelasi bernilai negatif agak rendah, karena pada bulan tersebut indeks SOI menurun ke *EL Nino* kuat namun transpor arus ikut menguat. Pada Juli – Oktober menunjukkan pola yang searah dengan korelasi positif cukup tinggi. Hal ini menunjukkan saat indeks SOI

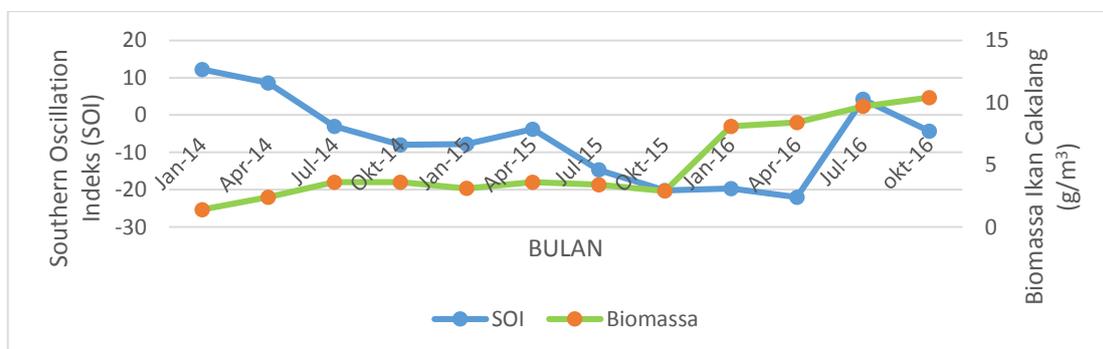
menurun dari *La Nina* ke *El Nino* arus ikut melem

Tabel 2. Tabulasi korelasi antara kecepatan arus dan SOI

Tahun	Arus dan SOI
2014	0,521245227
2015	-0,547140756
2016	0,39775611

Hasil perhitungan korelasi antara kecepatan arus dengan ENSO selama 2014 – 2016 dapat dilihat pada Tabel 2. Hubungan antara ENSO dan arus dapat dikaitkan dengan jumlah terjadinya *eddy* pada periode tahun 2014 – 2016, yaitu meningkatnya jumlah *eddy* tahun 2015 dan menurun pada 2016. Kejadian ENSO mempengaruhi variasi *eddy*. Hal ini sesuai dengan hasil kajian *eddy* oleh Martono (2010) saat puncak *El Nino* pada Oktober 1997 di Laut Flores terbentuk *eddy*, sedangkan di Laut Jawa tidak terbentuk. Menurut Nuzula (2016), kriteria ENSO dapat mempengaruhi

variasi *eddy*, ketika ENSO lemah *eddy* terbentuk di Laut Flores dan tidak terbentuk di Selat Makassar, sedangkan ENSO sedang dan kuat terjadi, *eddy* cenderung terbentuk di Selat Makassar dan tidak terbentuk di Laut Flores. ENSO juga dapat mempengaruhi salinitas yang mempengaruhi penyebaran Ikan Cakalang. Ikan Cakalang menyukai perairan dengan SPL yang hangat dan salinitas rendah. Hal ini dapat diindikasikan bahwa ikan cakalang lebih menyukai kondisi *La Nina*.



Gambar 14. Grafik Korelasi ENSO terhadap Sebaran Ikan Cakalang

Hasil korelasi ENSO dengan penyebaran ikan cakalang pada periode 2014 – 2016 dapat ditunjukkan pada Gambar 14. Pada tahun 2014 saat *El Nino* sedang jumlah biomassa ikan cakalang berkisar 1.4 g/m² - 3.6 g/m² dengan nilai korelasi linear negatif tinggi. Pada saat *La Nina* biomassa ikan cakalang sedikit, namun saat indeks SOI ke *EL Nino* biomassa ikan cakalang meningkat. Pada tahun 2015 saat *El Nino* kuat jumlah biomassa ikan cakalang 2.9

g/m² - 3.6 g/m² dengan nilai korelasi linear cukup tinggi. Hal ini menunjukkan saat indeks SOI meningkat ke fase normal biomassa ikan cakalang meningkat, dan sebaliknya saat indeks SOI menurun ke *El Nino* biomassa ikan cakalang ikut menurun. Pada tahun 2016 saat tahun normal jumlah biomassa ikan cakalang 8.1 g/m² – 10.4 g/m² dengan nilai korelasi linear positif tinggi. Grafik pada Januari – April memiliki korelasi bernilai negatif rendah. Pada saat indeks

SOI menurun ke *El Nino* kuat biomassa ikan cakalang meningkat. Namun, pada bulan April – Juli memiliki pola yang sejalan dengan nilai korelasi yang tinggi. Hal ini menunjukkan saat indeks SOI meningkat biomassa ikan cakalang ikut

meningkat. Pada bulan Juli – Oktober korelasi negatif rendah. Hal ini menunjukkan saat indeks SOI menurun ke fase normal jumlah biomassa ikan cakalang meningkat.

Tabel 3. Tabulasi korelasi antara SOI dan Biomassa Ikan Cakalang

Tahun	SOI dan Biomassa
2014	-0,949791014
2015	0,693218967
2016	0,836415889

Hasil perhitungan korelasi antara ENSO dengan Biomassa Ikan Cakalang selama 2014 – 2016 dapat dilihat pada Tabel 3. Selama periode 2014 – 2016 hasil interpretasi korelasi yang didapatkan antara ENSO dengan sebaran ikan cakalang berhubungan erat. Hal ini dikarenakan ENSO merupakan nilai dari anomali SPL yang mempengaruhi suhu, salinitas, dan penyebaran ikan cakalang.

KESIMPULAN

Secara umum dapat disimpulkan bahwa variabilitas ENSO di WPP 713 selama periode 2014 – 2016 menunjukkan fase *El Nino* terjadi pada 2014 – 2015 dan tahun normal pada tahun 2016. Saat *El Nino* sedang tahun 2014 terbentuk 5 siklonik dan 5 antisiklonik. Saat *El Nino* kuat tahun 2015 terbentuk 5 siklonik dan 7 antisiklonik. Saat fase normal tahun 2016 terbentuk 9 pola arus *eddy*, terdiri dari 4 siklonik dan 5 antisiklonik. Nilai korelasi ENSO dan arus tahun 2014 yaitu 0.5, tahun 2015 yaitu -0.5, dan tahun 2016 yaitu 0.4. Nilai korelasi ENSO dan Biomassa Ikan Cakalang tahun 2014 yaitu -0.95, tahun 2015 yaitu 0.7, dan tahun 2016 yaitu 0.84.

UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini merupakan bagian dari skripsi penulis pertama yang telah lulus

sidang sarjana kelautan pada Tahun 2017. Penulis mengucapkan Terima Kasih kepada para peneliti di Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir (P3SDLP) yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menggunakan data sekunder dari INDESO, memberikan tempat untuk melakukan pengolahan data, dan telah memberikan banyak ilmu selama penelitian berlangsung. Kegiatan penelitian dan pengolahan data ini dilakukan di kantor P3SDLP.

DAFTAR PUSTAKA

- KKP. 2015. EAFM Indonesia Status WPP 713. Retrieved from www.eafm-indonesia.net: <http://www.eafm-indonesia.net/data/status/713>. Diakses 7 Maret 2016 pukul 11:23 WIB.
- Gordon. A.L., Susanto. R.D., Field. A., Huber. B.A., Pranowo. W., Wirasantosa. S. 2008. Makassar Strait Troughflow, 2004 to 2006. *Geophysical research letters*, vol. 35.
- Tjasyono, B. 2008. *Klimatologi Umum*. Bandung: Penerbit Institut Teknologi Bandung. Hal: 312-317. Code 331.5 TJA k.

- Prayitno, H. 2008. Studi Variabilitas Suhu dan Klorofil-a Permukaan Laut pada Musim Timur di Selatan Jawa-Bali Berdasarkan Analisa Data MODIS. Skripsi. Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Undip, Semarang. 87 hal.
- Kartadikaria, A.R., Y. Miyazawa, K. Nadaoka, A. Watanabe. 2011. Existence of Eddies at Crossroad of The Indonesian Seas. Springer, Verlag. Dalam: T. Ezer (Ed.), Ocean Dynamics, Vol. 62: p. 31-44.
- Mann. K.H., John. R., Lazier. N. 2006. Dynamics of Marine Ecosystems: Biological-Physical Interactions in the Oceans. Malden: Blackwell Publishing. 512 Hal. ISBN: 978-4051-1118-8.
- Illahude, A. G. 1999. Pengantar Oseanografi Fisik. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi. Jakarta: LIPI.
- Suharto, T. 1992. Fluktuasi Hasil Tangkapan Cakalang (Katsuwonus pelamis), Hubungannya dengan Kondisi Oseanografi di Perairan Utara Irian Jaya. Skripsi. Bogor: Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan. Fakultas Perikanan. IPB. 69 Hal.
- Laevastu, T., Murray L. Hayes. 1981. Fisheries Oceanography and Ecology. England: Fishing News Book Ltd. Farnham-Surrey.199 hal.
- National Weather Service. 2006. What are El Niño, La Niña, and ENSO. <http://www.elnino.noaa.gov>. Diakses 23 April 2016 pukul 20:22 WIB.
- National Oceanic dan Atmospheric Administration (NOAA). 2005. What is El Nino. <http://www.wrh.noaa.gov/fgz/science/elnino.php?wfo=fgz>. Diakses 11 April 2016.
- Yahya, M. 2000. Hubungan Karakteristik Fisika-Kimia Laut dengan Produksi Hasil Tangkapan Ikan Terbang (Cypsilurus sp) di Selat Makassar. Tesis. Pascasarjana, IPB. Hal : 51 – 57.
- kg-prediksi-el-nino-tahun-ini-lebih-kuat/. Diakses pada 5 Januari 2017 pukul 13:54 WIB.
- Inaku, D. 2011. Analisis Pola Sebaran dan Perkembangan Area Upwelling di Bagian Selatan Selat Makassar. Skripsi, IPB, Bogor.
- Susanto, R.D., A.L. Gordon, & Q. Zheng. 2001. Upwelling along the Coast of Java and Sumatra and Its relation to ENSO. J. Geophysical Research Letters. 28(8): 1599-1602.
- Susanto, D., & J. Marra. 2005. Effect of the 1997/1998 El Niño on Chlorophyll-a Variability along the Southern Coast of Java and Sumatera. J. Oceanography, 18(4). Hal: 124-127.
- Safitri, M., Cahyarini, S., & Putri, M. 2012. Variasi Arus Arlindo Dan Parameter Oseanografi Di Laut Timor Sebagai Indikasi Kejadian ENSO. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 4, No. 2, 369-377.
- Heryati, H. 2016. Hubungan Fenomena ENSO dengan Variabilitas Massa Air Laut Jawa Pada Tahun 1997-1998 dan Pada Tahun 2014-2015. Skripsi, Universitas Padjadjaran, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Jatinangor.

- Naulita, Y. 2016. Proses pencampuran turbulen di kanal labani, selat makassar. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. Departement Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Bogor: IPB. Vol. 8, No. 1, Hal. 345-355.
- Iriadenta, E. 2013. Degradasi ekosistem rawa pesisir di kecamatan jorong kabupaten tanah laut kalimantan selatan. *Journal Fish Scientiae*, Vol. 4, No. 6, Hal: 157-170. Banjarbaru: Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan Fakultas Perikanan Unlam.
- Nuzula. F. 2016. Variabilitas Temporal Eddy di Perairan Makassar – Laut Flores. Skripsi. Jatinangor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran.
- Kunarso, S. H., Hadi. S., Ningsih. N.S., Mulyono. 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*, 16 (3) : 171-180.
- Suharto, T. 1992. Fluktuasi Hasil Tangkapan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*), Hubungannya dengan Kondisi Oseanografi di Perairan Utara Irian Jaya. Skripsi. Bogor: Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan. Fakultas Perikanan. IPB. 69 Hal.
- Martono, Halimurrahman, R. Komarudin, Syarief, S. Priyanto, D. Nugraha. 2010. Pengaruh fenomena El Nino dan La Nina Terhadap Arus Eddy di Laut Jawa dan Laut Flores. *Jurnal Penelitian Perikanan*, Vol :11 (2).