

JURNAL SEGARA

<http://pusriskel.litbang.kkp.go.id/segara>

p-ISSN : 1907-0659

e-ISSN : 2461-1166

Accreditation Number: 766/AU3/P2MI-LIPI/10/2016

PENGARUH ANOMALI IKLIM (ENSO DAN IOD) TERHADAP SEBARAN IKAN PEDANG (*XIPHIAS GLADIUS*) DI SAMUDERA HINDIA BAGIAN TIMUR

(THE EFFECT OF CLIMATE ANOMALY (ENSO AND IOD) ON THE DISTRIBUTION OF SWORDFISH (*XIPHIAS GLADIUS*) IN THE EASTERN INDIAN OCEAN)

Bram Setyadji¹⁾ & Khairul Amri²⁾

¹⁾Loka Penelitian Perikanan Tuna - Bali

²⁾Balai Penelitian Perikanan Laut - Jakarta

Diterima: 28 Oktober 2016 ; Diterima setelah perbaikan: 20 April 2017 ; Disetujui terbit:25 April 2017

ABSTRAK

Anomali iklim seperti ENSO dan *Dipole Mode* mempengaruhi dinamika massa air di bagian timur Samudera Hindia serta berdampak terhadap pola sebaran dan hasil tangkapan ikan. Ikan pedang yang tertangkap di bagian timur Samudera Hindia merupakan hasil tangkap sampingan (by catch) rawai tuna. Meskipun mempunyai nilai ekonomis yang tinggi, penelitian mengenai keterkaitan faktor lingkungan dengan hasil tangkapan dan sebaran ikan pedang, masih belum banyak dilakukan. Tulisan ini membahas pengaruh anomali iklim (ENSO dan *Dipole Mode*) terhadap sebaran hasil tangkapan dan sebaran spasial-temporal ikan pedang di bagian timur Samudera Hindia. Data parameter lingkungan yang digunakan berupa sebaran suhu permukaan laut (SPL) atau *Sea Surface Temperature* (SST) dan klorofil-a permukaan (SSC=*Sea Surface Chlorophyll*) hasil pengukuran sensor Satelit Aqua MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) L-2 dengan format bulanan. Data ikan pedang merupakan data kombinasi hasil pendaratan di Pelabuhan Benoa 2002–2014 dan data pemantauan ilmiah Loka Penelitian Perikanan Tuna 2005–2014. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada anomali iklim yang mempengaruhi hasil tangkapan per upaya (*Catch per Unit Effort*/CPUE) dan diduga juga mempengaruhi recruitment ikan pedang. Nilai CPUE tahunan tertinggi (0,16 ikan/100 pancing) terjadi pada event El-Nino moderate (2009) dimana terjadi peningkatan produktivitas primer, sebaliknya CPUE tahunan terendah (0,08 ikan/100 pancing) pada event IOD negatif moderate (2005) yang dampaknya sama dengan La-Nina, yakni penurunan produktivitas primer. Indikasi ini diperkuat dengan hasil pengamatan bulanan dimana nilai CPUE tertinggi pada Juni (periode berlangsungnya *upwelling* di selatan Jawa), sebaliknya pada Desember CPUE rendah (ketika kesuburan perairan menurun). Dominansi hasil tangkapan ikan muda periode 2007-2011, diduga merupakan generasi baru recruitment dari keberhasilan pemijahan sebelumnya, saat terjadi event consecutive IOD positif (tiga tahun berturut-turut: 2006-2007-2008) meningkatkan produktivitas primer secara signifikan akibat intensitas *upwelling* yang tinggi.

Kata Kunci: Anomali Iklim, ENSO, *Dipole Mode*, CPUE, distribusi spasial, temporal ikan pedang.

ABSTRACT

Climate anomalies such as El Nino-Southern Oscillation (ENSO) and Dipole Mode affect the dynamic of seawater mass in eastern Indian Ocean. It also influences the distribution pattern and the catch of tuna and tuna-like species. Swordfish are usually caught as by-catch from tuna fishery. Despite known to have high economic value, the research in relation between environmental factors to catch and distribution of swordfish is still limited. This paper discussed about the effect of climate anomalies (ENSO and Dipole Mode) to the catch and spatial-temporal distribution of swordfish in the eastern Indian Ocean. Distribution of sea surface temperature (SST) and surface chlorophyll-a data were considered in the analysis. The data were acquired from monthly Aqua MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) Satellite sensor L-2. As for swordfish fisheries aspects were a combination from landing data at Benoa Port (2002-2014) and onboard scientific observer data (2005-2014), courtesy of Research Institute for Tuna Fisheries. The results show that climate anomalies did affect the catch per unit of effort (CPUE). It might also allegedly take responsible for swordfish recruitment pattern. Highest annual CPUE recorded (0.16/100 hooks) was occurred during moderate El-Nino in 2009, which resulted in primary production enrichment. Adversely the lowest annual CPUE recorded (0.08/100 hooks) was occurred at the moderate Indian Ocean Negative Dipole

Corresponding author:
Jl. Pasir Putih I Ancol Timur, Jakarta Utara 14430. Email: bram.setyadji@gmail.com

Mode (IOD) in 2005 which has the same effect as La Nina (decreasing of marine productivity). The indication strengthen by monthly landing monitoring, where high CPUE occurred in June during the upwelling period in southern of Java. In return, in December it has the lowest CPUE value when the marine productivity is degrading. Domination of young swordfish during 2007-2011 was suspected as succession of new recruitment before positive Indian Ocean Dipole Mode took place three years in a row (2006, 2007 and 2008). It was marked by increasing of primary productivity as a result of high intensity of upwelling.

Keywords: Climate anomaly, ENSO, Dipole Mode, CPUE, Swordfish spatial-temporal distribution.

PENDAHULUAN

Perairan bagian timur Samudera Hindia, memiliki dinamika variabilitas massa air yang sangat tinggi, berhubungan dengan adanya intrusi massa air dari wilayah lain seperti *Indonesian Throughflow* (ITF), pengaruh perubahan sistem angin monsun (Wyrski, 1961; Purba *et al.*, 1997), serta dipengaruhi pula oleh anomali iklim global seperti ENSO (El-Nino dan La-Nina) dan *Indian Ocean Dipole Mode* (IOD) (Saji *et al.*, 1999; Shinoda *et al.*, 2004).

Perairan bagian timur Samudera Hindia di selatan Jawa, merupakan daerah penangkapan berbagai jenis ikan komersial dan sudah dieksploitasi oleh nelayan sejak lama. Berbagai jenis tuna dan neritik tuna (jenis-jenis tongkol, dan tenggiri) menjadi target utama penangkapan nelayan di perairan ini. Spesies lainnya yang ikut tertangkap nelayan tuna adalah adalah ikan pedang atau *swordfish* (*Xiphias gladius*). Dalam industri perikanan tuna, ikan pedang merupakan hasil tangkapan sampingan (*by catch*) rawai tuna (*tuna long liner*).

Secara biologi, ikan pedang dikategorikan sebagai predator puncak yang terdistribusi hampir di seluruh perairan dunia dari 45° LU-45° LS (Palko *et al.*, 1981). Di Samudera Hindia, ikan ini dieksploitasi mulai 1950-an oleh armada Jepang dan didominasi oleh armada Taiwan tahun 1990-an (IOTC, 2009). Sedangkan nelayan Indonesia baru mulai memanfaatkannya pada 1983 semenjak diperkenalkannya *deep tuna longline* (Sadiyah *et al.*, 2011).

Hasil tangkapan ikan pedang di Samudera Hindia terus meningkat, dari kurang 10.000 ton pada awal 1990 dan mencapai puncaknya pada 1998, yakni 35.000 ton (Wang & Nishida, 2010). Walaupun hanya sebagai hasil tangkapan sampingan dari armada rawai tuna, kontribusinya terhadap perikanan tuna di Indonesia cukup signifikan, pada kurun 2004–2007 rata-rata produksi mencapai 1.600 ton (Mahiswara & Prisantoso, 2009). Perairan Samudera Hindia di selatan Jawa merupakan salah satu lokasi tertangkapnya ikan pedang yang cukup potensial.

Anomali iklim seperti ENSO dan IOD diketahui mempengaruhi dinamika massa air di bagian timur Samudera Hindia, berdampak terhadap pola sebaran dan hasil tangkapan ikan di perairan ini. *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) merupakan anomali

iklim akibat gangguan kesetimbangan interaksi laut-atmosfer di Samudera Pasifik, berpengaruh secara global. Gejala ENSO yang membawa implikasi laut Indonesia lebih dingin pada kejadian El Nino dan lebih hangat pada kejadian La Nina. Sementara *Indian Ocean Dipole Mode* (IOD) merupakan fenomena mirip ENSO di Samudera Hindia, dicirikan anomali SPL lebih hangat dari normalnya di bagian barat Samudera Hindia dan lebih dingin di bagian timur (Saji *et al.*, 1999). Pada saat ini, curah hujan meningkat di wilayah tropik Afrika, sedangkan di wilayah kepulauan Indonesia terjadi kekeringan. Kondisi dipole mode yang demikian oleh Vinayachandran *et al.* (2001) disebut dipole mode “positif”. Sebaliknya, disebut *dipole mode* “negatif” apabila SPL di bagian timur Samudera Hindia lebih hangat dari normalnya, sementara di bagian barat lebih dingin.

Pada event El Nino dan IOD positif, anomali angin di atas perairan sebelah tenggara Samudera Hindia mendorong massa air hangat ke perairan sebelah barat Samudera Hindia, mengakibatkan terjadinya upwelling di perairan timur Samudera Hindia (barat Sumatera dan selatan Jawa) dan downwelling di perairan timur Afrika. Kejadian sebaliknya terjadi saat berlangsungnya IOD negatif maupun La Nina (Saji *et al.*, 1999; Webster *et al.*, 1999). Intensitas upwelling meningkat di perairan selatan Jawa maupun barat Sumatera apabila kejadian IOD positif terjadi bersamaan (*in-phase*) dengan El Nino (Amri *et al.*, 2013).

Kajian-kajian terkait pengaruh ENSO dan IOD terhadap sumberdaya ikan di bagian timur Samudera Hindia dilakukan Ghofar. (2001) dan Mathews *et al.* (2001) terhadap perikanan lemuru Selat Bali (*Sardinella lemuru*); terhadap ikan tongkol di Selat Sunda dipublikasikan Syamsuddin *et al.* (2003). Pengaruh ENSO dan IOD terhadap tuna mata besar (*Thunnus obesus*) di selatan Jawa (Gaol, 2003; Gaol *et al.*, 2015; Syamsudin *et al.*, 2012). Pengaruh ENSO dan IOD terhadap hasil tangkapan tuna madidihang (*Thunnus albacares*) di selatan Jawa Barat (Amri *et al.*, 2014) dan terhadap komposisi jenis hasil tangkapan neritic tuna di Selat Sunda (Amri *et al.*, 2013). Adapun kajian pengaruh anomali iklim terhadap ikan selain jenis-jenis tersebut, sejauh ini belum ditemukan referensinya, termasuk untuk jenis ikan pedang.

Tulisan ini membahas mengenai dinamika parameter oseanografi (sebaran suhu permukaan laut dan klorofil-a) terkait anomali iklim (ENSO dan

IOD) terhadap sebaran spasio-temporal ikan pedang di perairan bagian timur Samudera Hindia (selatan Jawa). Data hasil tangkapan ikan pedang yang diamati berasal dari hasil tangkapan sampingan armada rawai tuna Indonesia pada periode 2002-2014 .

METODE PENELITIAN

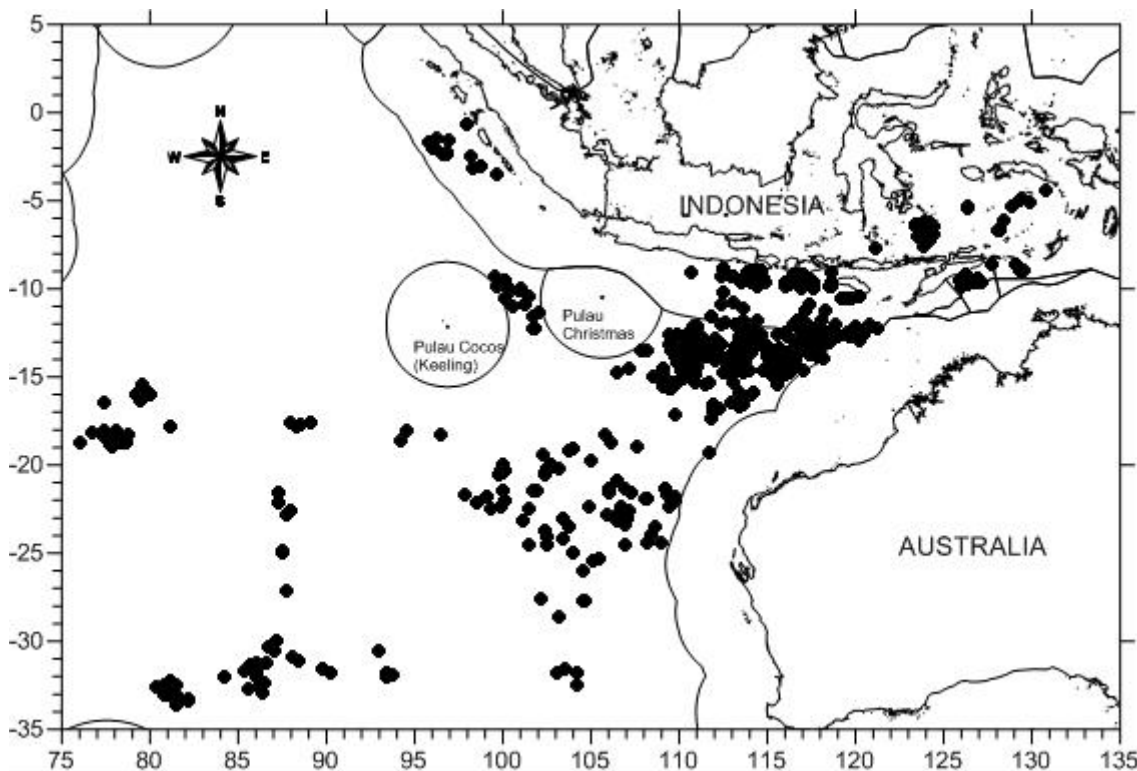
Untuk pengamatan parameter oseanografi, penelitian ini menggunakan data hasil analisa sebaran suhu permukaan laut (SPL/SST: *Sea Surface Temperature*) dan klorofil-a permukaan (SSC/*Sea Surface Chlorophyll*) pengukuran sensor Satelit Aqua MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) L-2 format bulanan (<http://www.reason.gsfc.nasa.gov>), periode 2005-2012. Kedua data tersebut diproduksi berdasarkan algoritma standard MODIS yaitu 11 µm NLSST untuk sebaran SPL (<http://nasa.gsfc.gov>) dan OC3M untuk konsentrasi klorofil-a (O'Reilly *et al.*, 2000).

Data ikan pedang diperoleh dari data pengamatan harian penangkapan ikan tuna dan sejenisnya pada kurun waktu 2002–2014 dan data observasi laut pada kurun waktu 2005–2014. Keseluruhan data yang

digunakan berasal dari Loka Penelitian Perikanan Tuna (LPPT) Bali dengan subyek daerah penelitian adalah perairan Samudera Hindia antara 10°–35°LS dan 75°–125°BT (Gambar 1). Sebagian besar daerah penangkapan berada di sebelah selatan lintang 13°LS, yang merupakan perairan laut bebas di luar Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) Indonesia.

Spesimen ikan pedang yang digunakan untuk penelitian diperoleh dari hasil tangkapan kapal–kapal rawai tuna Indonesia yang berbasis di Pelabuhan Benoa, Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Palabuhanratu dan Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Cilacap oleh pemantau ilmiah yang berasal dari Loka Penelitian Perikanan Tuna.

Spesimen yang berasal dari data observasi laut diidentifikasi, dicatat jenis kelaminnya dan diukur panjangnya dengan cara merentangkan pita pengukur di sepanjang tubuh ikan (pengukuran melengkung) dari ujung rahang bawah ke ujung lekukan tengah sirip ekor (LJFL), sedangkan cara pengambilan ukuran panjang di darat (data pengamatan harian penangkapan ikan tuna dan sejenisnya) biasanya dilakukan secara tegak lurus dengan menggunakan alat ukur yang



Gambar 1. Peta daerah penelitian periode Maret 2011 sampai dengan Desember 2013. Keterangan :bulatan hitam menunjukkan lokasi penangkapan ikan pedang sedangkan garis tipis di luar batas negara merupakan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE).

sifatnya kaku (*rigid*), seperti: kaliper (pengukuran lurus). Seluruh ikan pedang yang didaratkan sudah diproses (potong kepala, sirip, disiangi isi perut dan insangnya) oleh karena itu pengukuran panjang yang memungkinkan dilakukan dari pangkal sirip dada ke ujung lekukan tengah sirip ekor (PFL), kemudian data panjang tersebut dikonversi ke panjang standar (LJFL) melalui persamaan regresi linear yang dipublikasikan oleh Setyadji *et al.* (2014).

Upaya penangkapan dalam perikanan rawai tuna dinyatakan dalam jumlah pancing yang digunakan pada suatu daerah tertentu, sedangkan hasil tangkapan per satuan upaya dihitung sebagai jumlah ikan/bobot ikan yang tertangkap per 100 atau 1.000 pancing (Klawe, 1980). Rumusan ini disebut juga dengan laju pancing (*hook rate*) yang ditulis dalam persamaan berikut:

$$HR = \frac{JI}{JP} \times A \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

- HR : Laju pancing (ekor/pancing)
- JI : Jumlah ikan (ekor)
- JP : Jumlah pancing
- A : konstanta (per 100 pancing)

Nilai rata-rata CPUE kemudian diplot pada peta dengan ketelitian 1x1 derajat menggunakan *Software* QGIS 2.6.1 untuk menggambarkan distribusi spasial ikan pedang. Analisa keterkaitan parameter lingkungan dengan aspek perikanan, dilakukan secara deskriptif memperhatikan anomali iklim yang ikut mempengaruhi yaitu ENSO dan Dipole Mode (IOD) terhadap hasil tangkapan dan sebaran ikan pedang termasuk aspek biologinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dampak Anomali Iklim Terhadap Parameter Oseanografi

Menurut Saji *et al.* (1999) proses berkembangnya IOD sedikit berbeda dengan El Nino-La Nina. Jika El Nino-La Nina mencapai puncak event-nya akhir/awal tahun (Desember-Februari), maka evolusi IOD yang ditandai dengan penyimpangan SPL dan angin secara signifikan mulai terjadi pada bulan Juni dan mencapai puncaknya pada September-Oktober.

Sebagaimana diketahui bahwa *upwelling* adalah proses penaikan massa air dari lapisan dalam perairan ke lapisan permukaan. Massa air dari lapisan dalam ini memiliki nilai sebaran SPL dan kandungan oksigen yang lebih rendah, sementara nilai sebaran salinitasnya tinggi. Umumnya massa air yang terangkat ke lapisan permukaan kaya akan nutrisi dan di lokasi terjadinya *upwelling* ini nilai sebaran klorofil-a cenderung tinggi menandakan tingkat kesuburan perairan yang juga tinggi.

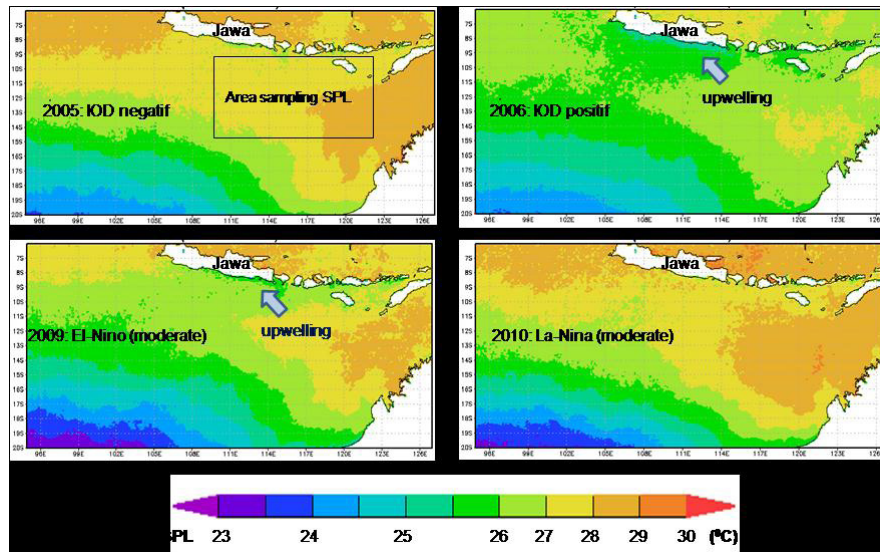
Selama penelitian ini, dalam rentang 2005-2014, di Samudera Hindia terjadi anomali iklim berupa IOD positif selama tiga tahun berturut-turut (2006, 2007 dan 2008), dimana 2006 terjadi IOD positif kuat (*strong*) diikuti (*in-phase event*) El Nino lemah (*weak*) serta pada 2007-2008 IOD positif lemah; 2009 El Nino moderate (sedang); dan 2010 La Nina moderate; serta El Nino lemah (2011) dan tahun 2013 terjadi IOD negatif lemah (Tabel 1).

IOD positif yang terjadi selama tiga tahun berturut-turut (2006-2008) menyebabkan terjadinya peningkatan intensitas *upwelling* di perairan selatan Jawa dan barat

Table 1. Kejadian Dipole Mode (Positif/Negatif) dan ENSO (El-Nino/La Nina) 2005-2014

TAHUN	IOD			ENSO			KET
	Negatif	Positif	Intensitas	El-Nino	La-Nina	Intensitas	
2005	√		Moderate				In-phase event
2006		√	Strong	√		Weak	
2007		√	Weak		√	Moderate	
2008		√	Weak				Normal
2009				√		Moderate	
2010					√	Moderate	
2011					√	Weak	Normal
2012							
2013	√		Weak				
2014							Normal

(Sumber: Saji & Yamagata, 2003; BMKG, 2010 dalam Amri *et al.*, 2013 dan <http://ggweather.com/enso/oni.htm>)



Gambar 2. Perbandingan pola sebaran SPL citra Aqua MODIS saat peningkatan intensitas *upwelling* tahun IODM positif (2006) dan El-Nino (2009) dengan saat tidak terjadi *upwelling* ketika IODM negatif (2005) dan La-Nina (2010).

Table 2. Nilai sebaran SPL di lokasi penelitian terkait anomali iklim 2005-2014

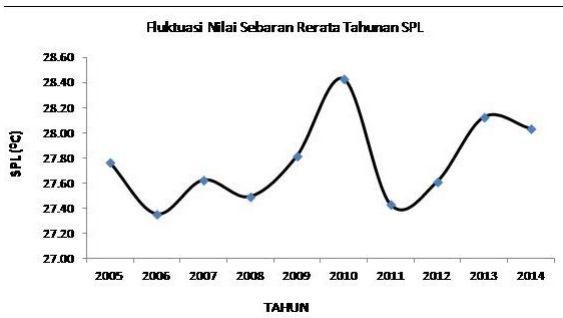
FENOMENA	TAHUN	NILAI SEBARAN SPL		
		Tertinggi	Terendah	Rerata
IOD Negatif (Moderate)	2005	29,00	24,76	27,76
IOD Positif (Strong)	2006	28,48	24,35	27,35
IOD Positif (Weak)	2007	28,65	24,40	27,62
IOD Positif (Weak)	2008	28,71	24,16	27,49
El-Nino (Moderate)	2009	29,03	25,13	27,81
La-Nina (Moderate)	2010	29,46	25,57	28,43
La-Nina (Weak)	2011	28,08	24,24	27,43
Normal	2012	28,81	24,86	27,61
IOD Negatif (Weak)	2013	29,35	25,59	28,12
Normal	2014	29,14	24,94	28,03

Sumatera (Amri *et al.*, 2012). Perbandingan pola sebaran SPL saat peningkatan intensitas *upwelling* pada tahun IOD positif dan El-Nino dengan saat tidak terjadi *upwelling* ketika IODM negatif dan La-Nina ditampilkan pada citra (Gambar 2).

Pada saat terjadi IOD negatif nilai sebaran SPL lebih hangat, sementara pada saat terjadi Dipole positif (terjadi *upwelling*) nilai sebaran SPL menjadi lebih dingin (Tabel 2). Pada saat terjadi IOD positif (2006, 2007, 2008) nilai sebaran SPL lebih rendah dengan nilai sebaran tertinggi berkisar 28,4 - 28,7 °C dan sebaran rata-rata berkisar 27,3-27,6 °C. Pada saat IOD negatif (2005, 2013), kisaran nilai sebaran SPL lebih tinggi dengan kisaran tertinggi mencapai 29,0 - 29,3 °C dan sebaran rata-rata 27,6 - 28,1 °C. El-Nino moderate yang terjadi tahun 2009 menurunkan SPL rata-rata menjadi 27,8 °C, sebaliknya La-Nina moderate tahun

2010 menaikkan nilai sebaran rata-rata SPL menjadi 28,4 °C. SPL rata-rata tertinggi terjadi pada event La-Nina moderate (2010) diikuti kemudian pada saat terjadi IOD negatif tahun (2013) (Gambar 3).

Penurunan signifikan nilai sebaran SPL menandakan peningkatan intensitas *upwelling*, menyebabkan terjadinya lonjakan nilai sebaran klorofil-a permukaan (SSC) sebagai indikator peningkatan produktivitas primer perairan. Lonjakan nilai sebaran SSC saat terjadi IOD positif pada 2006, 2007 dan 2008 terlihat cukup tinggi berkisar 0,25-0,37 mg/m³. Pada saat yang sama, nilai sebaran SPL jauh lebih rendah. Sebaliknya, nilai sebaran klorofil-a menurun tajam ketika La-Nina (2010) yang hanya 0,1 mg/m³ dan saat itu nilai sebaran SPL jauh lebih tinggi (Gambar 4).

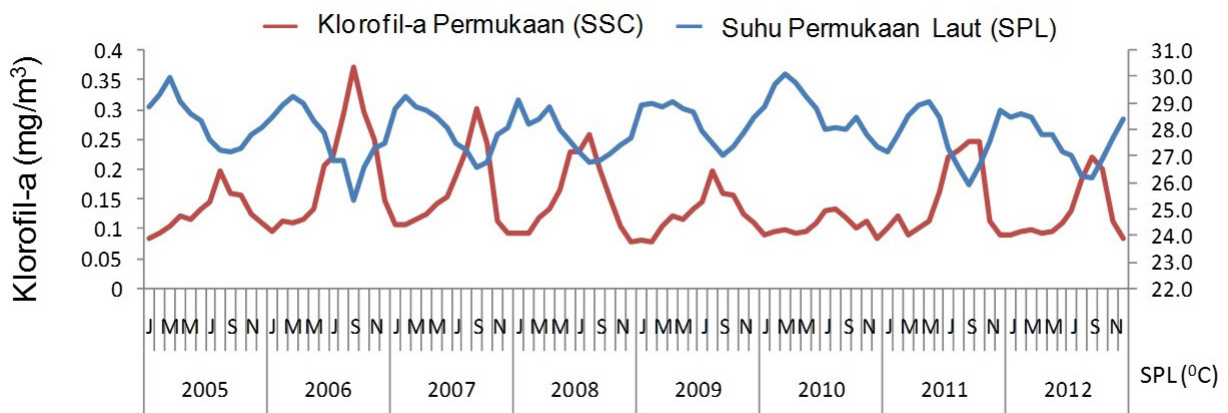


Gambar 3. Fluktuasi nilai sebaran SPL rerata tahunan dari citra MODIS, 2005-2014.

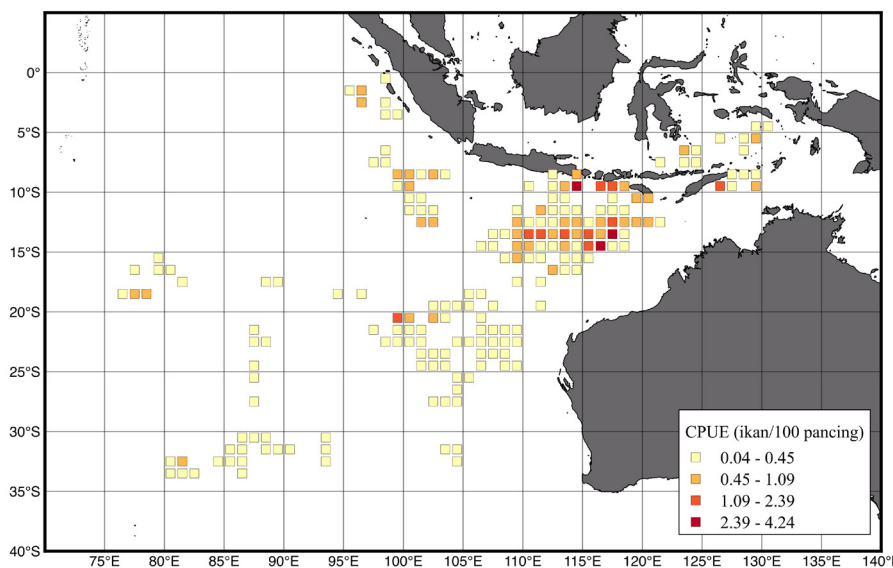
Hasil Tangkapan Ikan Pedang

Distribusi hasil tangkapan per upaya (CPUE) yang tertangkap oleh armada rawai tuna di Samudera Hindia terkonsentrasi pada koordinat antara 10°–15°LS dan 110°– 20°BT (Gambar 5) dengan kisaran antara 0,04–1,06 ikan/100 pancing. Rata-rata CPUE bulanan tertinggi didapatkan pada bulan Juni sebesar 0,15 ikan/100 pancing sedangkan terendah didapatkan pada bulan Desember sebesar 0,08 ikan/100 pancing (Gambar 6).

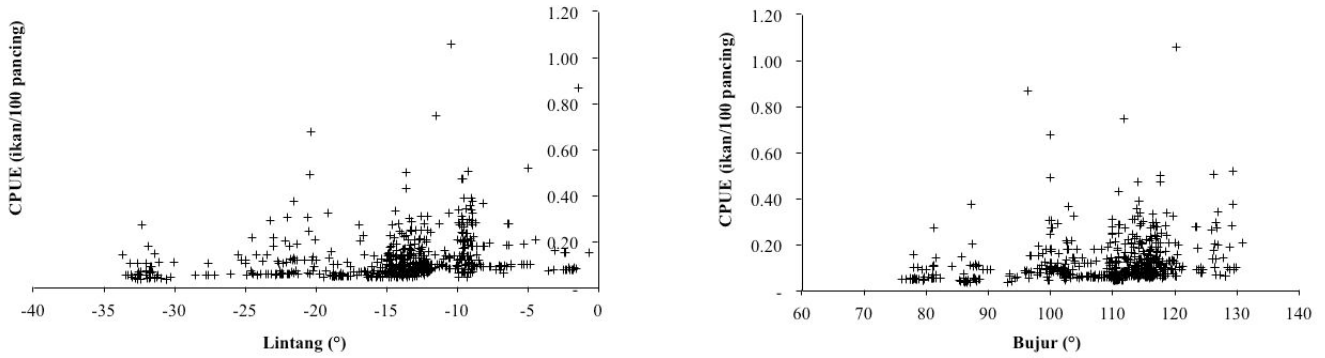
Rata-rata CPUE tahunan tertinggi terjadi pada tahun 2009 sebesar 0,16 ikan/100 pancing dan terendah pada tahun 2005 sebesar 0,08 ikan/100 pancing (Gambar 7) dengan kecenderungan terus naik dari



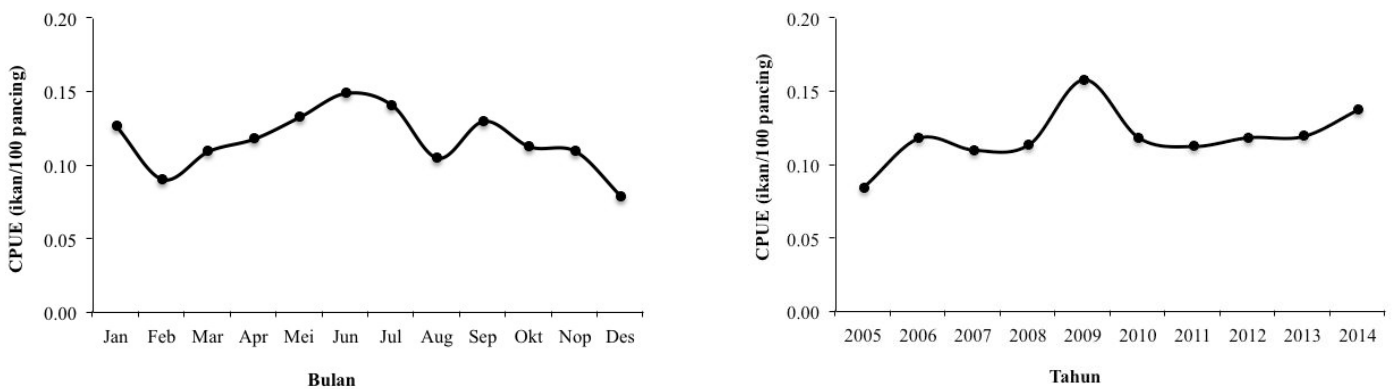
Gambar 4. Fluktuasi nilai sebaran bulanan klorofil-a dan SPL citra Aqua MODIS 2005-2012.



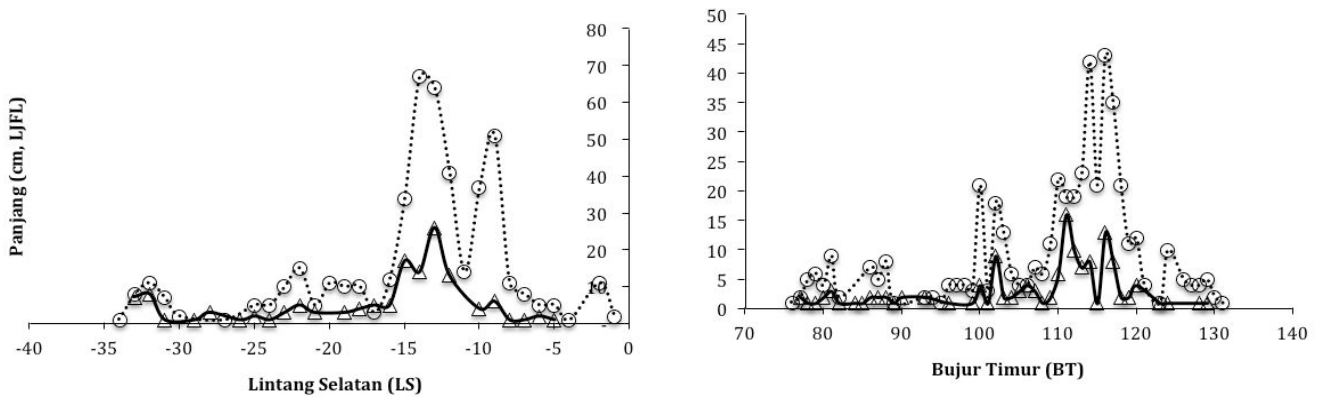
Gambar 5. Peta daerah penangkapan ikan pedang yang tertangkap oleh armada rawai tuna di Samudera Hindia selama kurun waktu 2005–2014.



Gambar 6. Distribusi spasial CPUE ikan pedang yang tertangkap oleh armada rawai tuna di Samudera Hindia pada kurun waktu 2005–2014 berdasarkan lintang (atas) dan bujur (bawah).



Gambar 7. Distribusi rata-rata CPUE bulanan (kiri) dan tahunan (kanan) ikan pedang yang tertangkap oleh armada rawai tuna di Samudera Hindia pada kurun waktu 2005– 2014.



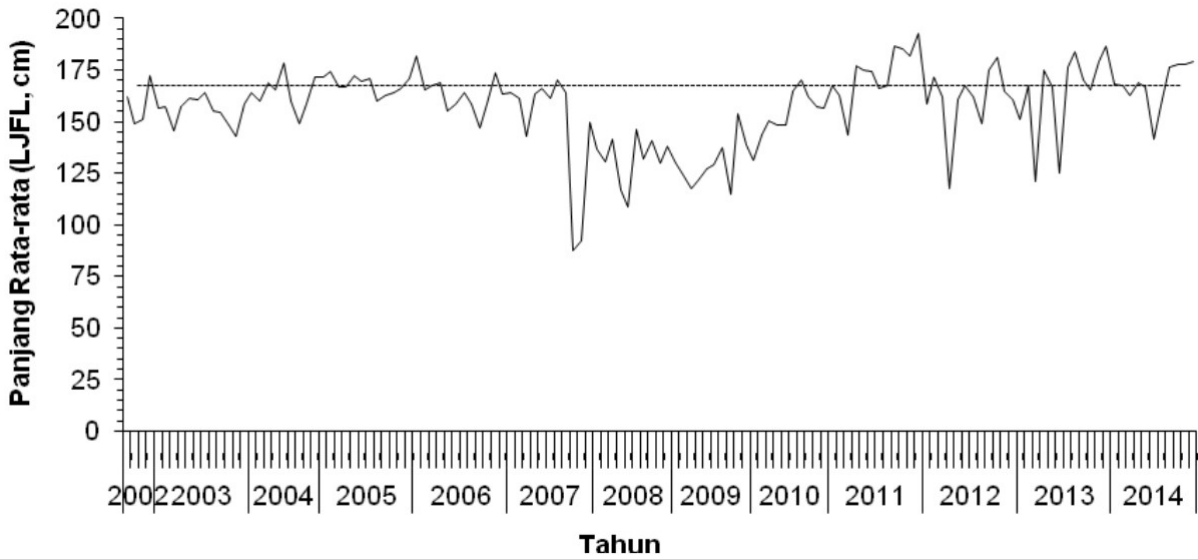
Gambar 8. Distribusi spasial berdasarkan rata-rata ukuran panjang yuwana ikan pedang (atas) dan dewasa (bawah) yang tertangkap oleh armada rawai tuna di Samudera Hindia pada kurun waktu 2005 – 2014.

tahun ke tahun. Distribusi spasial berdasarkan rata-rata ukuran panjang menunjukkan kecenderungan yuwana ikan pedang dan ikan pedang dewasa menempati habitat dengan preferensi parameter lingkungan yang sama (Gambar 8).

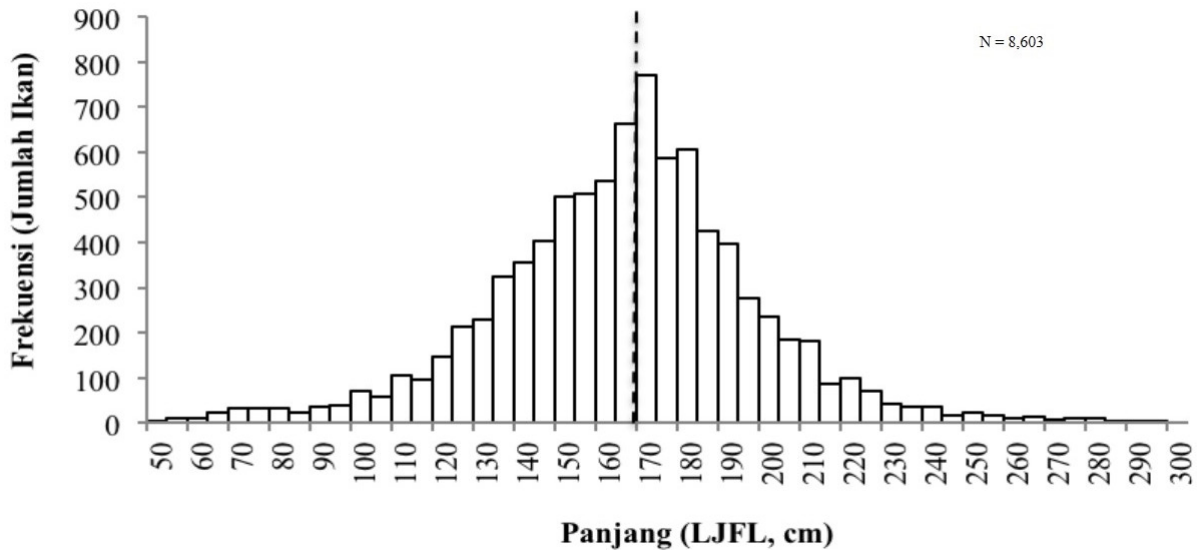
Panjang rata-rata bulanan ikan pedang yang tertangkap berkisar antara 87,43–181,03 cm, dimana ikan pedang berukuran kecil dan belum matang

gonad lebih banyak tertangkap pada periode akhir 2007 sampai dengan awal 2011, sedangkan ikan yang berukuran besar lebih banyak tertangkap setelahnya, sedangkan tertinggi pada 2013. Secara umum pola sebaran rata-rata panjang ikan pedang antara 2005 dan 2014 relatif stabil (Gambar 9).

Sebaran frekuensi panjang total antara 2005 sampai dengan 2014 menunjukkan pola distribusi



Gambar 9. Panjang rata-rata ikan pedang yang tertangkap oleh armada rawai tuna di Samudera Hindia dalam kurun waktu 2005 – 2014; Garis putus-putus merupakan ambang batas $L_{m50} = 170$ cm (IOTC, 2009).

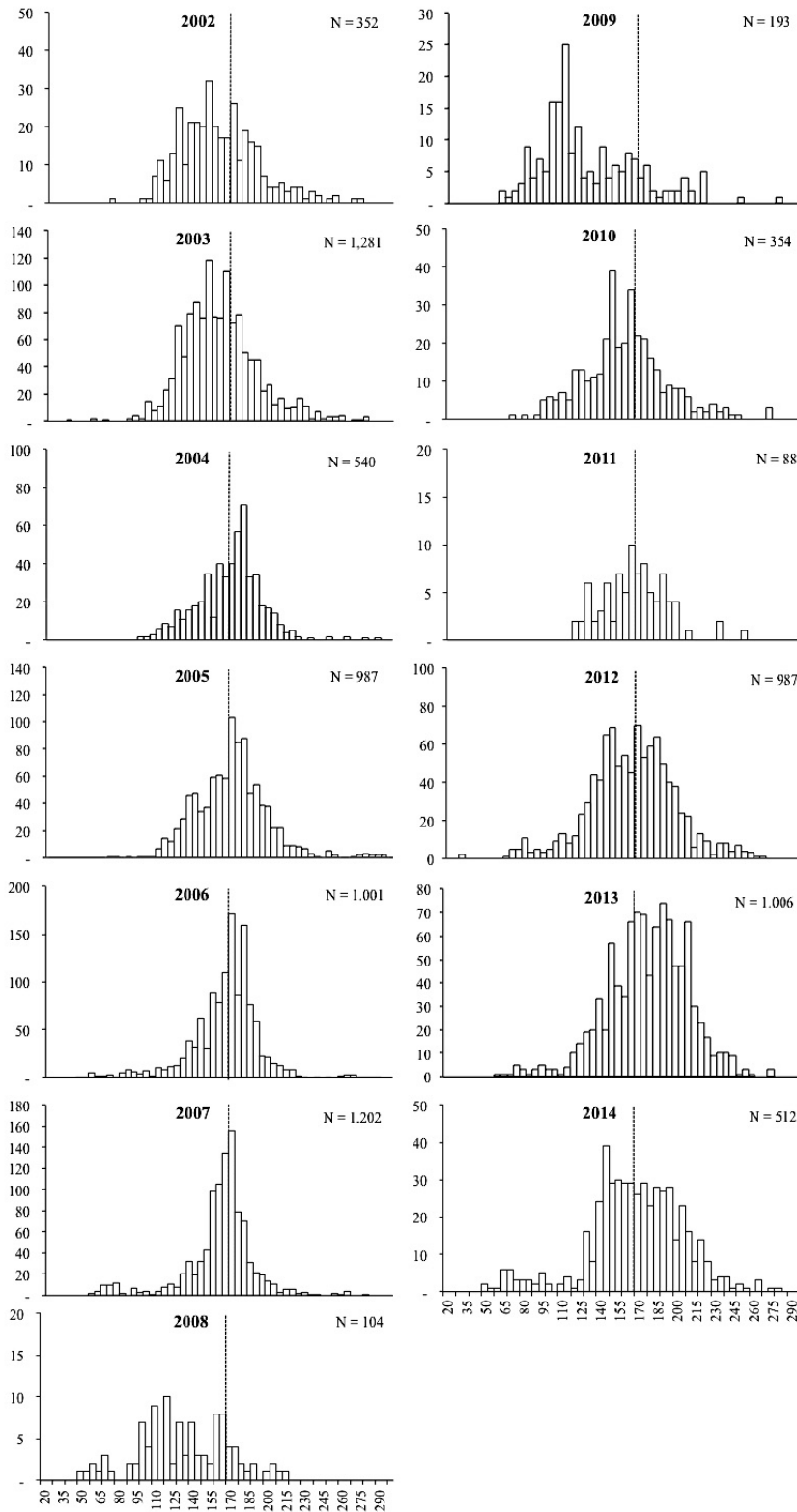


Gambar 10. Sebaran frekuensi panjang ikan pedang yang tertangkap oleh armada rawai tuna di Samudera Hindia pada kurun waktu 2005 – 2014, garis vertikal menunjukkan ambang batas $L_{m50} = 170$ cm (IOTC, 2009).

normal dimana nilai modus berimpitan dengan nilai L_{m50} (panjang dimana 50% ikan tertangkap sudah matang gonad) (Gambar 10). Hal ini berarti 50% ikan pedang yang tertangkap antara tahun 2005 sampai dengan 2014 sudah pernah memijah. Sebaran frekuensi panjang tahunan menunjukkan bahwa pergerakan modus tidak banyak berubah dari tahun ke tahun yakni antara 150 – 180 cm, kecuali pada tahun 2008 – 2009 dimana modus bergeser ke arah ukuran

yang lebih kecil, yakni 90 – 100 cm (Gambar 11).

Daerah penangkapan terkonsentrasi di selatan Jawa, Bali dan Nusa Tenggara (7° - 15° LS dan 105° - 120° BT) termasuk di dalamnya Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) di bagian timur Samudera Hindia, dikenal merupakan daerah pemijahan yang penting bagi beberapa spesies tuna dan sejenisnya (Stequert



Gambar 11. Sebaran frekuensi panjang ikan pedang tahunan yang tertangkap oleh armada rawai tuna di Samudera Hindia pada kurun waktu 2005 – 2014, garis vertikal menunjukkan ambang batas $L_{m50} = 170$ cm (IOTC, 2009).

& Marsac, 1989) sekaligus dikenal sebagai daerah pemijahan tuna sirip biru selatan oleh *Commission for the Conservation of Southern Bluefin Tuna* (CCSBT) (Proctor et al., 2003).

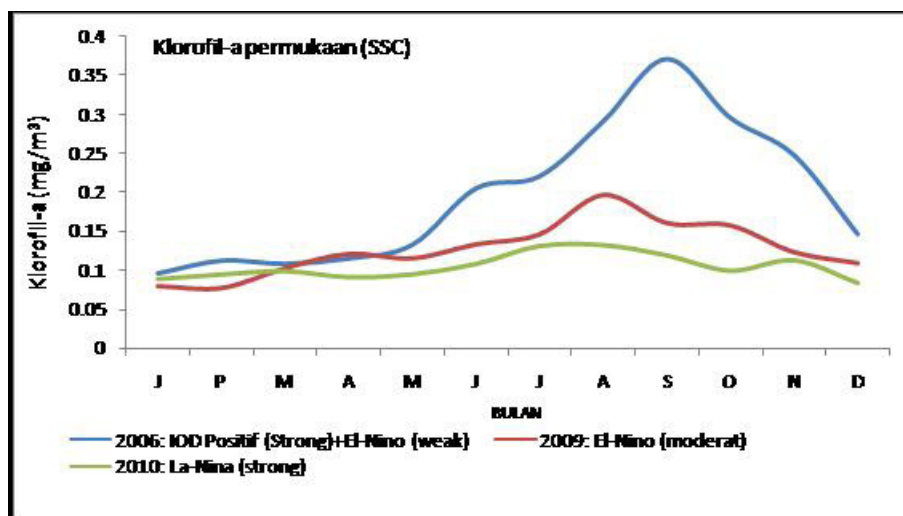
Sebaran daerah penangkapan selama kurun waktu 2005 sampai dengan 2014 juga merefleksikan perkembangan armada rawai tuna di Indonesia, dimana mulai tahun 1973 sampai dengan awal tahun 2000, operasi penangkapan didominasi oleh PT. Perikanan Samudera Besar (sekarang menjadi PT. Perikanan Nusantara) (Sadiyah et al., 2011). Setelah masuknya armada Taiwan dan Jepang, kompetisi di daerah penangkapan tersebut menjadi sangat ketat. Penambahan upaya pada daerah dengan sumberdaya relatif sama akan menurunkan hasil tangkapan per upaya (CPUE), sehingga pada perkembangannya kapal-kapal rawai tuna akan mencari daerah-daerah penangkapan yang baru di luar ZEE.

Distribusi spasial CPUE Ikan pedang menunjukkan pola konsentrasi yang sama dengan tuna mata besar (Jatmiko et al., 2014) yang berarti keduanya tertangkap pada waktu dan lokasi yang bersamaan. Hal ini terjadi karena keduanya mempunyai karakter pergerakan vertikal yang sama, dimana cenderung berada di permukaan pada waktu malam hari dan berenang ke tempat yang lebih dalam pada siang hari (Carey & Robinson, 1981; Musyl et al., 2003). Gambar 5 menunjukkan bahwa antara yuwana dan ikan pedang dewasa diduga menempati daerah dengan preferensi kondisi biologi dan lingkungan yang sama, walaupun belum ada penelitian yang komprehensif mengenai pergerakan vertikal maupun horisontal dari ikan pedang di bagian timur Samudera Hindia.

Anomali iklim di Samudera Hindia (selatan Jawa) berupa El-Nino-La-Nina dan Dipole Mode (positif/negatif) mempengaruhi dinamika parameter oseanografi seperti SPL, intensitas upwelling dan pengkayaan klorofil-a (Amri et al., 2013) dan dalam penelitian ini terlihat jelas disparitas perbedaan nilai sebaran parameter tersebut (Gambar 12). Kondisi yang demikian itu, juga mempengaruhi penyebaran dan kelimpahan sumber daya ikan pelagis kecil di selatan Jawa (Hendiarti, 2008); maupun fluktuasi hasil tangkapan tuna mata besar (Syamsudin et al., 2012); serta komposisi jenis hasil tangkapan tuna neritik (Amri & Satria, 2013).

Distribusi temporal (rata-rata CPUE bulanan) menunjukkan bahwa ikan pedang lebih banyak tertangkap antara Juni–Juli kemudian relatif menurun sesudahnya dan CPUE terendah pada Desember. Peningkatan hasil tangkapan pada Juni-Juli (musim timur) bertepatan dengan terjadinya *upwelling* di selatan Jawa-Bali-Nusa Tenggara, diduga terkait dengan peningkatan produktivitas primer perairan yang diikuti dengan ketersediaan makanan (mangsa) bagi ikan pedang pada waktu tersebut. Sebaliknya, pada Desember (musim barat) saat berakhirnya pengaruh massa air *upwelling*, ketersediaan mangsa diduga berkurang diikuti dengan menurunnya hasil tangkapan (CPUE rendah).

Anomali yang terjadi pada Januari diduga merupakan bias (*outliers*) dikarenakan armada rawai tuna pada bulan tersebut jarang melakukan aktivitas karena karakteristik angin muson barat yang menimbulkan cuaca buruk dan gelombang yang besar,



Gambar 12. Fluktuasi nilai sebaran bulanan klorofil-a Aqua MODIS yang meningkat pada musim timur (Juni-September). Intensitasnya berbeda pada saat terjadi anomali iklim 2006 (IOD positif kuat); 2009 (El-Nino moderate); dan 2010 (La-Nina kuat). Lokasi sampling: selatan Jawa.

sehingga ketika upaya menurun maka nilai CPUE akan naik. Sedangkan distribusi rata-rata CPUE tahunan menunjukkan kecenderungan nilai rata-rata CPUE yang terus meningkat sepanjang tahun. Lonjakan (bump) nilai CPUE tahun 2009 diduga karena efek moderate El Nino, yang mengakibatkan suhu laut menjadi lebih dingin, sehingga ikan-ikan bernilai ekonomis tinggi, seperti ikan tuna dan sejenisnya dari kedalaman, akan berenang mendekati permukaan laut (Syahbuddin, 2000; Amri & Satria, 2013) sehingga lebih mudah tertangkap oleh armada rawai tuna.

Selain faktor tersebut di atas, hasil tangkapan yang tinggi pada 2009, diduga merupakan lonjakan populasi hasil rekrutmen dari keberhasilan pemijahan saat upwelling intensif ketika *Dipole Mode* positif kuat pada 2006 yang berlanjut pada 2007 dan 2008 (*Dipole Mode* positif lemah). Hal ini diperkuat hasil sampling biologi yang menemukan indikasi ikan pedang berukuran kecil dan belum matang gonad yang lebih banyak tertangkap mulai pada periode akhir tahun 2007 sampai dengan awal tahun 2011. Jika dugaan ini benar, maka dalam hal ini berlaku hipotesis “*Match-Mismatch*” (Chusing, 1969; 1990), bahwa keberhasilan rekrutmen didukung ketepatan pemijahan dengan ketersediaan pakan pada lokasi dan waktu yang sesuai (“*match*”), yakni saat *upwelling* intensif (produktivitas

primer tinggi) di perairan selatan Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara.

Di Indonesia, musim penangkapan dipengaruhi oleh hujan yang berhubungan dengan angin musim barat/timur. Pada musim timur, angin bertiup dari tenggara antara Maret dan September ketika suhu mulai turun dan tingkat klorofil-a meningkat sehingga menyebabkan terjadinya *upwelling*, pada bulan-bulan ini biasanya nelayan mulai melaut. Sebaliknya, dari Oktober sampai dengan Februari (musim barat), ketika angin berhembus dari barat daya ke barat laut, suhu mulai meningkat dan konsentrasi klorofil-a menurun (Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap, 2011; Surinati, 2009; Wiyono *et al.*, 2006).

Data frekuensi panjang merupakan salah satu komponen penting dalam merekonstruksi data tangkapan per ukuran (*catch-at-size*) untuk keperluan kajian stok (Herrera & Pierre, 2011). Adanya indikasi tekanan penangkapan dapat dilihat dari pergerakan nilai panjang rata-rata ikan pedang yang tertangkap pada kurva waktu tertentu. Pada penelitian ini panjang rata-rata antara tahun 2002 – 2014 relatif stabil dengan kisaran panjang 34 – 287 cm dan rata-rata 158,72 cm. Nilai ini lebih tinggi daripada yang dilaporkan oleh Varghese *et al.* (2013) di perairan India, sebesar

Table 3. Indikasi pengaruh anomali iklim terhadap hasil tangkapan dan pemijahan ikan pedang

PARAMETER	INDIKASI	TAHUN	NILAI CPUE	FENOMENA
CPUE Tahunan	Tertinggi	2009	0,16 ikan/100 pancing	El Nino moderate
	Terendah	2005	0,08 ikan/100 pancing	IOD Negatif moderate
BULAN				
CPUE Bulanan	Tertinggi	Juni	0,15 ikan/100 pancing	SPL rendah dan Klorofil-a tinggi
	Terendah	Desember	0,08 ikan/100 pancing	SPL tinggi dan Klorofil-a rendah
		TAHUN	UKURAN IKAN	
Ukuran Ikan (panjang) dan TKG	Banyak tertangkap 2007-2011 ikan berukuran kecil dan belum matang gonad (TKG fase awal)		Modus ukuran panjang 90 – 100 cm	Diduga ikan muda recruitment baru hasil pemijahan saat peningkatan intensitas upwelling pada fase consecutive (kejadian berturut-turut) IOD positif (2006-2007-2008) dan El-Nino moderate 2009
	Banyak tertangkap ikan berukuran lebih besar dan sudah matang gonad (TKG III & IV)		Modus ukuran panjang 150 – 180 cm	Diduga generasi hasil recruitment 2006-2009 yang sudah mencapai ukuran dewasa dan matang gonad

103,90 cm maupun di sebelah Timur Laut Mediterania, sebesar 94,90 cm (Akyol & Ceyhan, 2013). Akan tetapi lebih rendah dibandingkan di Pasifik Utara, sebesar 174,92 cm (Valeiras *et al.*, 2008).

Perbedaan nilai panjang rata-rata ikan pedang di Samudera Pasifik, Laut Mediterania, dan Samudera Hindia diduga akibat adanya variasi pola pertumbuhan, mengingat lokasi-lokasi tersebut telah diidentifikasi menjadi unit-unit populasi yang berbeda berdasarkan studi genetik (Cerna, 2006). Setidaknya terdapat 5 stok ikan pedang di dunia: Atlantik Utara, Atlantik Selatan, Laut Mediterania, Pasifik, dan Samudera Hindia (Chow *et al.*, 1997). Walaupun terdapat dugaan adanya stok yang terpisah antara sebelah barat dan sebelah timur Samudera Hindia, akan tetapi berdasarkan studi genetik dan otolith, ikan pedang di Samudera Hindia merupakan stok tunggal (Mahe *et al.*, 2014). Stabilitas nilai rata-rata panjang ikan pedang yang tertangkap mengindikasikan bahwa area Samudera Hindia sebelah timur diduga merupakan satu kohort yang didominasi oleh ukuran 170 -175 cm (LJFL), dimana ukuran tersebut adalah ukuran pertama kali matang gonad (Lm50).

Lebih banyaknya tertangkap ikan pedang berukuran kecil dan belum matang gonad pada periode akhir tahun 2007 sampai dengan awal tahun 2011 (Gambar 5 dan Gambar 6), diduga merupakan populasi baru hasil *recruitment* dari keberhasilan pemijahan tahun sebelumnya. Hal ini didukung ketersediaan pakan yang melimpah untuk larva ikan pedang, akibat peningkatan intensitas *upwelling* pada 2006, yang dipicu oleh anomali iklim berupa dipole mode positif dengan intensitas kuat pada pertengahan tahun diikuti El-Nino dengan intensitas sedang pada akhir tahun (Amri *et al.*, 2013). Fenomena tersebut berlanjut sampai awal 2011, karena dalam rentang waktu tersebut terjadi *consecutive event* (kejadian berturut-turut) dipole mode positif yaitu tahun 2006, 2007 dan 2008 (Amri *et al.*, 2013). Indikator terjadinya pemijahan yang intensif pada periode tersebut didukung oleh temuan dari pengamatan indikator biologi berupa modus berimpitan nilai distribusi normal panjang ikan dengan nilai Lm50, yang berarti 50% ikan pedang yang tertangkap antara tahun 2005 sampai dengan 2014 sudah pernah memijah. Tabel 3 menampilkan matrik indikasi pengaruh anomali iklim (ENSO dan *Dipole Mode*) terhadap hasil tangkapan dan parameter biologi ikan pedang (ukuran panjang tubuh dan Tingkat Kematangan Gonad/TKG) selama periode penelitian.

KESIMPULAN

Anomali iklim berupa ENSO dan Dipole Mode mempengaruhi hasil tangkapan per upaya (CPUE) ikan pedang. Nilai CPUE tahunan tertinggi (0,16 ikan/100 pancing) terjadi pada event El-Nino moderate

(2009) dimana terjadi pengkayaan produktivitas primer, sebaliknya CPUE tahunan terendah (0,08 ikan/100 pancing) pada event IOD negatif moderate (2005) yang dampaknya sama dengan La-Nina, yakni penurunan produktivitas perairan. Indikasi ini diperkuat hasil pengamatan CPUE bulanan yang nilainya tinggi ketika berlangsungnya *upwelling* di selatan Jawa (meningkatkan kesuburan perairan) pada Juni dan sebaliknya nilai CPUE rendah ketika kesuburan perairan menurun pada Desember. Dominannya juwana (ikan muda) tertangkap pada periode 2007-2011, diduga merupakan generasi baru hasil rekrutmen pemijahan sebelumnya (2006-2007-2008), saat terjadi *event consecutive* IOD positif (tiga tahun berturut-turut) yang meningkatkan produktivitas primer secara signifikan dan menunjang keberlangsungan hidup larva. Distribusi spasial ikan pedang berdasarkan CPUE dan ukuran panjang yang terkonsentrasi pada koordinat antara 10⁰-15⁰LS dan 110⁰-120⁰BT, menunjukkan kecenderungan juwana dan ikan dewasa dewasa menempati habitat dengan preferensi parameter lingkungan yang sama. Nilai rata-rata panjang tubuh yang relatif seragam, menandakan bahwa ikan pedang yang tertangkap di perairan bagian timur Samudera Hindia merupakan populasi seumur (satu kohort).

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada pemantau ilmiah dari Loka Penelitian Perikanan Tuna yang telah bekerja keras mengumpulkan data selama penelitian dilangsungkan. Penghargaan juga diberikan kepada *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (CSIRO), *Australian Centre for International Agricultural Research* (ACIAR) dan Pusat Penelitian Pengelolaan Perikanan dan Konservasi Sumber Daya Ikan (P4KSI) yang telah mendukung dan mendanai kolaborasi penelitian melalui program FIS/2002/074: *Capacity Development to Monitor, Analyse and Report on Indonesian Tuna Fisheries*.

DAFTAR PUSTAKA

- Akyol, O. & Ceyhan, T. (2013). Age and growth of swordfish (*Xiphias gladius* L.) in the Aegean Sea. *Turk. J. Zool.* 37: 59-64.
- Amri, K. & Satria, F. (2013). Impact of climate anomaly on catch composition of neritic tuna in Sunda Strait (eastern part of Indian Ocean). *IOTC-2013-WPNT03-14.* 17 p.
- Amri, K., Djisman, M., Jonson, L.G. & Mulyono, S.B. (2013) Karakteristik Suhu Permukaan Laut dan Kejadian *Upwelling* Fase Indian Ocean Dipole Mode Positif di Barat Sumatera dan Selatan Jawa Barat. *Jurnal Segara* Vol. 9(1) 2013.

- Carey, F.G. & Robison, B.H. (1981). Daily patterns in the activities of swordfish, *Xiphias gladius*, observed by acoustic telemetry. *Fishery Bulletin*. 79(2): 277-292.
- Cushing, D. H. (1969). The regularity of the spawning season of some fishes. *J Cons Int Explor Mer*. 33: 81-92.
- Cushing, D. H. (1990). Plankton production and year-class strength in fish populations: an update of the match/mismatch hypothesis. *Advances in Marine Biology* (eds) JHS Blaxter and AJ Southward. Academic Press Limited, San Diego, CA. pp: 250-313.
- Chow, S., Okamoto, H., Uozumi, Y., Takeuchi, Y. & Takeyama, H. (1997). Genetic stock structure of the swordfish (*Xiphias gladius*) inferred by PCR-RFLP analysis of the mitochondrial DNA control region. *Mar. Biol*. 127: 359-367.
- Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap. (2011). Usaha Perikanan Tuna di Nusa Tenggara Barat. Bidang Perikanan Tangkap, Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Nusa Tenggara Barat. Mataram. 76 Hal.
- Espindola, F., Vega, R. & Yanez, E. (2009). Identification of the spatial-temporal distribution pattern of swordfish (*Xiphias gladius*) in the southeastern Pacific. *Lat. Am. J. Aquat. Res*. 37(1): 43-57.
- Faizah, R. & Prisantoso, B.I. (2010). Biologi reproduksi tuna mata besar (*Thunnus obesus*) yang tertangkap di Samudera Hindia. *BAWAL*. 3(2): 9p.
- Gaol, J.L., Leben, R.R., Vignudelli, S., Mahapatra, K., Okada, Y., Nababan, B., Mei-Ling, M., Amri, K., Arhatin, R.E. & Syahdan, M. (2015). Variability of satellite-derived sea surface height anomaly, and its relationship with Bigeye tuna (*Thunnus obesus*) catch in the Eastern Indian Ocean. *European Journal of Remote Sensing*. 2015, 48: 465-477 (www.aitjournal.com).
- Gaol, J. L. (2003). Kajian Karakter Oseanografi Samudera Hindia Bagian Timur dengan Menggunakan Multi Sensor Citra Satelit dan Hubungannya dengan Hasil Tangkapan Ikan Tuna Mata Besar (*Thunnus obesus*). Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ghofar, A. (2001). The use of environmentally sensitive model in the management of the Bali Strait sardine fishery. *Proceeding of the FAO/DGF Workshop on the Management of Oil Sardine fishery in the Bali Strait*. Banyuwangi. GCP/INT/ NOR Field Report F-3 Suppl.(En).
- Hendiarti, N. (2008). Hubungan Antara Keberadaan Ikan Pelagis Dengan Fenomena Oseanografi dan Perubahan Iklim Musiman Berdasarkan Analisis Data Penginderaan Jauh. *Globè*. 10(1) : 19 – 25.
- Jatmiko, I., Setyadji, B. & Novianto, D. (2014). Spatial and temporal distribution of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in Eastern Indian Ocean based on scientific observer data from 2005 – 2013. *IOTC-2014-WPTT16-05*. 8p.
- Klawe, W.L. (1980). Long lines catches of tunas within the 200 miles Economic zones of the Indian and Western Pasific Ocean. *Dev. Rep. Indian Ocean Prog*.48: 83 pp.
- Lu, C.P., Chen, C.A., Hui, C.F., Tzeng, T.D. & Yeh, S.Y. (2006). Population genetic structure of the swordfish, *Xiphias gladius* (Linnaeus, 1758), in the Indian Ocean and West Pacific inferred from the complete DNA sequence of the mitochondrial control region. *Zoological Studies*. 45(2): 269-279
- Mahe, K., Evano, H., Mille, T. & Bourjea, J. (2014). Otolith shape as a valuable tool to evaluate the stock structure of swordfish (*Xiphias gladius*) in the Indian Ocean. *IOTC-2014-WPB12-12*. 12 p.
- Mahiswara & Prisantoso, B.I. (2009). Billfish fisheries in Indonesia. *IOTC-2009-WPB-14*. 10 p.
- Mathews, C.P., Ghofar, A., Merta, G.S., Hendiarti, N. & Lestiana, H. (2001). Effects of Frontal Systems, Upwelling, and El Niño on the Small Pelagic Fisheries of the Lesser Sunda Islands, Indonesia. In *Pros. The First International Symposium on Geographic Information System (GIS) in Fishery Science* (Seattle, Washington, USA: 2 - 4 March 1999). Ed. by T. Nishida, P.J. Kailola and C.E. Hollingworth. *Fish. GIS Res. Goup, Saitama, Japan*, Pp. 65-68.
- Muhammad, N. & Barata, A. (2012). Struktur ukuran ikan madidihang (*Thunnus albacares*) yang tertangkap pancing ulur di sekitar rumpon Samudera Hindia selatan Bali dan Lombok. *BAWAL*. 4(3): 161-167.
- Musyl, M.K., Brill, R.W., Boggs, C.H., Curran, D.S., Kazama, T.K. & Seek, M.P. (2003). Vertical movements of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) associated with islands, buoys, and seamounts near the main Hawaiian Islands from archival tagging data. *Fish. Oceanogr*. 12(3): 152-169.

- Neilson, J.D., Paul, S.D. & Smith, S.C. (2006). Stock structure of swordfish (*Xiphias gladius*) in the Atlantic: A review of the non-genetic evidence. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT. 61: 25-60.
- Novianto, D., Nugraha, B. & Bahtiar, A. (2010). Komposisi ukuran, perbandingan jenis kelamin, dan tingkat kematangan gonad ikan todak berparuh pendek (*Tetrapturus angustirostris*) di Samudera Hindia. BAWAL. 3(2): 6p
- O'Reilly, J. E., Maritorena, S., Siegel, D.A., O'Brien, M.C., Toole, D., Mitchell, B.G., Kahru, M., Chavez, F. P., Strutton, P., Cota, G. F., Hooker, S. B., McClain, C.R., Carder, K.L., Muller-Karger, F., Harding, L.H., Magnuson, A., Phinney, D., Moore, G.F., Aiken, J., Arrigo, K.R., Letelier, R. & Culver, M. (2000). Ocean color chlorophyll-a algorithms for SeaWiFS, OC2, and OC4: Version 4. In: Hooker, S.B. and E. R. Firestone (eds.): SeaWiFS postlaunch technical report series, Volume 11, SeaWiFS postlaunch calibration and validation analyses, Part 3. Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland. NASA/TM-2000-206892, Vol.11. pp. 9-23.
- Palko, B.J., Beardsley, G.L. & Richards, W.J. (1981). Synopsis of the biology of the swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus. NOAA Technical Report NMFS 1981; circular 441. 21 p.
- Purba, M., Natih, I.N.M. & Naulita, Y. (1997). Karakteristik dan Sirkulasi Massa Air di Perairan Selatan Jawa-Sumbawa, 5 Maret-2 April dan 23 Agustus-30 September, 1990. Laporan Penelitian. Fakultas Perikanan IPB-BPP Teknologi. Bogor.
- Proctor, C.H., Merta, I.G.S., Sondita, M.F.A., Wahju, R.I., Davis, T.L.O., Gunn, J.S. & Andamari, R. (2003). A review of Indonesia's Indian Ocean Tuna Fisheries. ACIAR Project FIS/2001/079. 106 p.
- Rochman, F., Barata, A. & Nugraha, B. (2013). Fishing ground, catch composition, hook rate and length distribution of billfishes caught by tuna long line in Indian Ocean. Ind.Fish.Res.J. 19(2): 85-97.
- Sadiyah, L., Dowling, N. & Prisantoso, B.I. (2011). Changes in fishing pattern from surface to deep longline fishing by the Indonesian vessels operating in the Indian Ocean. Ind.Fis.Res.J. 17(2): 87-99.
- Sadiyah, L., Nugraha, B. & Widodo, A.A. (2013). Catch and effort information for albacore tuna (*Thunnus alalunga*) by Indonesia's longliners operating from Benoa. Ind.Fish.Res.J. 19(1): 33-38.
- Saji, N.H., Goswami, B.N., Vinayachandran, P.N. & Yamagata, T. (1999). A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean. Nature, 401:360-363.
- Setyadji, B., Jumariadi. & Nugraha, B. (2012). Catch estimation and size distribution of billfishes landed in Port of Benoa, Bali. Ind.Fish.Res.J. 18(1): 35-40.
- Setyadji, B., Jatmiko, I., Wujdi, A. & Nugraha, B. (2014). Preliminary analysis of length – weight relationship of swordfish (*Xiphias gladius*), black marlin (*Makaira indica*), and blue marlin (*Makaira nigricans*) caught by Indonesian longliners in the Indian Ocean. IOTC-2014-WPB12-13. 12p.
- Shinoda, T., Harry, H., Hendon. & Alexander, M.A. (2004). Surface and Subsurface Dipole Variability in The Indian Ocean and Its Relation with ENSO. Deep Sea Res. I. 51: 619-635.
- Stequert, B. & Marsac, F. (1989). Tropical tuna surface fisheries in the Indian Ocean. FAO Fisheries Technical Paper, No. 282. Rome. FAO. 238 p.
- Sulistyaningsih, R.K. & Wujdi, A. (2014). Size structure of skipjack (*Katsuwonus pelamis* - Linnaeus 1758). IOTC-2014-WPTT16-33. 9p.
- Surinati, D. (2009). Upwelling dan efeknya terhadap perairan laut. Oseana, 34(4): 35 – 42.
- Syahbuddin, B. (2000). Fenomena El Nino dan pengaruhnya. Berita Dirgantara. 1(1): 25-27.
- Syamsuddin, M.L., Saitoh, S.I., Hirawake, T., Samsul, B. & Harto, A.B. (2012). Effects of El Nino–Southern Oscillation events on catches of Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Indian Ocean off Java.
- Syamsuddin, F., Laksmini, M., Amri, K. & Andiastruti, R. (2003). Hydrology of The Sunda Straits Water and its Relation with the Yield of *Euthynnus Affinis* Catchments in the Landing Fish Auction, Labuan, West Java. The 12 th Indonesia Scientific Meeting, Osaka University. Jepang.
- Tagami, D., Wang, H. & Chang, Y. (2014). Spatial distribution of swordfish catches for longline fisheries in the Western and Central North Pacific and Eastern Ocean. Working document submitted to the ISC Billfish Working Group Workshop, 11-19 February 2014, Honolulu, Hawaii, USA. 18p.
- Tampubolon, P.A.R.P., Jatmiko, I., Hartaty, H. & Bahtiar,

- A. (2014). Reproductive biology of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in Indian Ocean. OTC-2014-WPTT16-33. 13p.
- Tserpes, G., Peristeraki, P. & Di Natale, A. (2001). Size distribution of swordfish landings in the Central and Eastern Mediterranean. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT. 52(2): 733-739.
- Varghese, S.P., Vijayakumaran, K., Anrose, A. & V.D. Mhatre. (2013). Biological aspect of swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, caught during tuna longline survey in the Indian Seas. Turk. J. Fish. Aquat. Sci. 13: 529-540.
- Vinayachandran, P. N., Iizuka, S. & Yamagata, T. (2001). Indian Ocean Dipole Mode Events in an Ocean. General Circulation Model Deep-sea Research II. Special Topic Volume "Physical Oceanography of the Indian Ocean during the WOCE period.
- Wang, S.P. & Nishida, T. (2010). Update of the application of an age-structured assessment model to swordfish (*Xiphias gladius*) in the Indian Ocean. IOTC-WPB-2010-13. 16 p.
- Webster, P. J., Moore, A.M., Loschnigg, J.P. & Leben, R.R. (1999). Coupled ocean-temperature dynamics in the Indian Ocean during 1997-98, Nature, 401, 356-360, 1999.
- Wiyono, E.S., Yamada, S., Tanaka, E., Arimoto, T. & Kitakado, T. (2006). Dynamics of fishing gear allocation by fishers in small-scale coastal fisheries of Pelabuhanratu Bay, Indonesia. Fisheries Management and Ecology. 13, 185 – 195.
- Wujdi, A., Jatmiko, I., Setyadji, B., Sulistyaningsih, R.K., Novianto, D., Rochman, F., Bahtiar, A. & Hartaty. H. (2014). Distribution and biological aspect of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) caught by Indonesian tuna longline in the Eastern Indian Ocean. IOTC-2014-WPTT16-33. 10p.
- Wyrtki, K. (1961). The Physical Oceanography of South East Asian Waters. Naga Report Vol. 2. University California Press. La Jolla. CA.