SEBARAN PANJANG DAN NISBAH KELAMIN UNTUK INVESTIGASI KEMAMPUAN PEMIJAHAN TUNA MATA BESAR (*Thunnus obesus* Lowe, 1839) DI SAMUDRA HINDIA

LENGTH DISTRIBUTION AND SEX RATIO TO INVESTIGATE SPAWN ELIGIBILITY OF BIGEYE TUNA (*Thunnus obesus* Lowe, 1839) IN THE INDIAN OCEAN

Arief Wujdi^{1,*}, Fathur Rochman¹, dan Irwan Jatmiko¹

¹Loka Penelitian Perikanan Tuna, Jl. Mertasari no. 140, Banjar Suwung Kangin, Sidakarya, Denpasar, Bali, Indonesia. 80223

*Email: arief_wujdi@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article history

Received date:

03 November 2015

Received in revised form date:

29 March 2016

Accepted date:

05 May 2016

Available online date:

31 May 2016

Abstract

Bigeye tuna (*Thunnus obesus* Lowe, 1839) is important commodity for fishing industry in Indonesia. Increased exploitation is threatens their population, so that is necessary to monitor the size composition that meets the eligibility to be captured, as well as the sex ratio as management measure. Data was collected by scientific observers program which was following commercial tuna longline operation mainly based in Benoa, Palabuhanratu and Bungus Fishing Port from August 2005 to December 2014. Chi-Square analysis with 95% of confidence level also implemented to determine the sex ratio between female and male. The result showed that BET caught ranged from 30 to 192 cm, mode size ranged from 121 to 125 cm and mean 111,76 cm. As much as 69,5% of them was greater than length at first maturity (L_m) and that means have been worthy to be captured. Sex ratio of (F:M) 1:1,32 was observed which indicates male was dominant than female. Correlation between sex ratio and length proved to be significant where the female was increasing in size between 95-145 cm, as described a regression equation. However, an equal sex ratio occurred during December to January and also from April to June along the southern part of Java and East Nusa Tenggara and western part of Australia waters.

Keywords: Sex ratio, Length distribution, Bigeye tuna, Indian ocean

Kata kunci:

Nisbah kelamin
Sebaran panjang
Tuna mata besar
Samudra Hindia

Abstrak

Tuna mata besar (*Thunnus obesus* Lowe, 1839) merupakan salah satu komoditas penting industri perikanan di Indonesia. Eksploitasi yang semakin meningkat mengancam kondisi stok sehingga perlu pemantauan komposisi ukuran layak tangkap dan nisbah kelamin sebagai upaya pengelolaan. Pengumpulan data dilakukan melalui program pengamatan langsung dengan mengikuti kapal rawai tuna yang berbasis di Benoa, Palabuhanratu dan Bungus dari Agustus 2005 hingga Desember 2014. Penghitungan nisbah kelamin menggunakan uji *Chi-Square* dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebaran ukuran panjang cagak tuna mata besar berkisar antara 30-192 cm, modus ukuran 121-125 cm dan rata-rata 111,7 cm. Sebanyak 69,5% diantaranya telah layak tangkap dengan ukuran lebih besar dari ukuran pertama kali matang gonad (L_m). Nisbah kelamin antara betina dan jantan adalah 1:1,32 mengindikasikan dominansi ikan jantan. Hubungan antara nisbah kelamin dengan panjang ikan menunjukkan signifikansi dimana ikan betina semakin meningkat pada ukuran 96-145 cm dengan membentuk persamaan regresi. Kondisi nisbah kelamin jantan dan betina berada pada kondisi seimbang pada bulan Mei-Juni, September-Oktober, dan Desember yang ditemukan di selatan Jawa hingga Nusa Tenggara Timur dan perairan Australia Barat.

PENDAHULUAN

Tuna mata besar (*Thunnus obesus* Lowe, 1839) merupakan spesies *highly migratory* yang tersebar luas di perairan tropis dan subtropis pada suhu 13-29 °C (FAO 1994; Collette and Nauen 1983). Tuna mata besar memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan menjadi target utama perikanan rawai tuna, termasuk di Indonesia (Fonteneau *et al.* 2005; Nootmorn 2004). Total hasil tangkapan tuna mata besar selama periode tahun 2004 hingga 2011 merupakan yang terbesar kedua setelah madidihang (*Thunnus albacares* Bonnaterre, 1788), yaitu 24% dari total keseluruhan hasil tangkapan empat jenis tuna pada periode yang sama yaitu 1.297.062 ton (DJPT 2012). Namun demikian, harga komoditas tuna mata besar lebih tinggi di pasaran khususnya di Jepang sekitar Rp 121.000/kg, dibandingkan dengan madidihang Rp 88.000/kg (kurs ¥ 1 = Rp 110) (Jatmiko, *et al.* 2014).

Tingginya nilai jual dan permintaan pasar mengakibatkan tekanan penangkapan tuna mata besar khususnya di Samudra Hindia semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hasil tangkapan tuna mata besar dengan rawai tuna pada tahun 2012 mengalami peningkatan sebesar 24% dari tahun sebelumnya (IOTC 2013). Disisi lain, kondisi stok tuna mata besar berada dalam kondisi rentan, dimana total biomassa mengalami penurunan sebesar 42% secara global dalam 15 tahun terakhir pada periode 1992-2007, bahkan penurunan biomassa yang terjadi di Samudra Hindia lebih besar, yaitu mencapai 73% pada periode yang sama sehingga diperlukan upaya pengelolaan agar populasinya tidak menurun terus menerus (IUCN 2013).

Salah satu aspek penting dalam mewujudkan pengelolaan sumberdaya ikan tuna yang rasional dan berkelanjutan adalah aspek biologi. Ukuran dan atau umur dimana 50% populasi jenis tuna mencapai

matang gonad merupakan parameter penting dalam mengetahui sejarah hidup (Zhu *et al.* 2009). Informasi sebaran ukuran dan nisbah kelamin dapat menggambarkan peluang suatu jenis ikan dalam melakukan regenerasi (pemijahan) sebagai mekanisme alami. Namun, informasi mengenai hal tersebut masih kurang, khususnya di perairan Samudra Hindia. Beberapa penelitian tentang sebaran ukuran dan nisbah kelamin telah dilakukan sebelumnya di berbagai wilayah, antara lain membandingkan kondisi antara Samudra Hindia dan Atlantik (Fonteneau *et al.* 2005), pencatatan di pendaratan ikan secara bulanan di Pelabuhan Perikanan Phuket (Nootmorn 2004), di Samudra Hindia barat bagian selatan (Ariz *et al.* 2006) dan di Samudra Hindia selatan Jawa hingga Nusa Tenggara (Setyadi, *et al.* 2012). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran ukuran yang layak tangkap dan nisbah jenis kelamin tuna mata besar yang tertangkap oleh armada rawai tuna di Samudra Hindia.

METODE

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui program *on-board scientific observer*, yaitu kegiatan validasi terhadap teknik dan operasional kegiatan penangkapan ikan secara langsung dengan mengikuti trip penangkapan kapal rawai tuna yang berbasis di Benoa, Palabuhanratu, dan Bungus dimulai pada bulan Agustus 2005 hingga Desember 2014 (Gambar 1). Data yang dikumpulkan meliputi posisi *setting* alat tangkap, jenis hasil tangkapan, panjang cagak (*fork length*) dengan ketelitian satu centimeter, dan jenis kelamin melalui pengamatan ciri-ciri gonad. Rawai tuna merupakan alat tangkap pancing yang bersifat pasif yang terdiri atas pelampung (*float*), tali pelampung (*float line*), tali utama (*main line*) dengan sejumlah tali cabang (*branch*

line) yang dilengkapi mata pancing (*hook*) (Bahtiar, *et al.* 2013). Jumlah mata pancing berkisar antara 5-18 buah per basket. Berdasarkan kedalaman saat pengoperasiannya, rawai tuna yang beroperasi di Samudra Hindia dapat digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu: rawai permukaan (*surface longline*), rawai pertengahan (*halfway longline*) dan rawai laut dalam (*deep longline*) (Barata, *et al.* 2011).

Gambar 1. Peta daerah penelitian periode 2005-2014 di Samudra Hindia.

Keterangan: bulatan hitam menunjukkan lokasi pemasangan alat tangkap rawai tuna

Analisa Data

Data ukuran panjang cagak, jenis kelamin dan posisi pemasangan alat tangkap hasil pengamatan ditabulasi dengan *software* Microsoft Excel, kemudian ditampilkan dalam peta tematik berdasarkan koordinat dengan ukuran grid 5x5° lintang dan bujur menggunakan aplikasi ArcGIS 10.1. Ukuran panjang cagak ikan yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan ukuran panjang saat 50% populasi mengalami kematangan secara seksual (L_m) yaitu 100 cm (IOTC 2013) untuk memperoleh komposisi ikan yang layak tangkap.

Nisbah kelamin tuna mata besar betina dan jantan dihitung dengan menggunakan uji *chi-square* (X^2). Hipotesis (H_0) dalam studi ini adalah nisbah jenis kelamin tuna mata besar betina dan jantan adalah seimbang (1:1) pada tingkat kepercayaan 95%

($\alpha = 0,05$; $db=1$; $x^2_{\text{tabel}} = 3,84$). Analisis *chi-square* menggunakan rumus menurut Hediarto and Purnamaningtyas (2013) sebagai berikut:

$$X^2 = \frac{\sum(f_0 - f_e)^2}{f_e}$$

X^2 = Nilai chi-square

f_0 = Frekuensi ikan jantan/betina hasil observasi

f_e = Frekuensi yang diharapkan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebaran Panjang

Hasil tangkapan tuna mata besar yang tertangkap rawai tuna di Samudra Hindia periode 2005-2014 berjumlah 6026 ekor dimana 5930 ekor diantaranya diukur panjang cagakannya. Panjang cagak berkisar antara 30-192 cm dengan rata-rata 111,70 cm dengan modus 121-125 cm (Gambar 2). Rata-rata ukuran panjang cagak tuna mata besar yang tertangkap bervariasi sepanjang tahun dimana nilai rata-rata terbesar terjadi pada tahun 2009 (119,05 cm), sedangkan rata-rata terkecil terjadi pada tahun 2006, yaitu 108,56 cm (Tabel 1 dan Lampiran). Apabila dibandingkan dengan ukuran matang gonad tuna mata besar adalah 100 cm, maka sebanyak 69,21% (4104 ekor) tuna mata besar telah layak tangkap yang diperoleh pada seluruh daerah penangkapan rawai tuna, sedangkan 30,79% (1826 ekor) belum layak tangkap atau lebih kecil daripada nilai L_m dimana tertangkap di perairan selatan Nusa Tenggara Timur (NTT) hingga Timor Leste (grid 8-13° LS dan 125-130° BT), dan di bagian tengah Samudra Hindia (grid 18-28° LS dan 80-90° BT) yang ditunjukkan dengan kecilnya rata-rata ukuran panjang yang tertangkap pada area tersebut (Gambar 3).

Hasil pengukuran panjang cagak tuna mata besar pada penelitian ini serupa dengan kajian sebelumnya di Samudra

Hindia barat bagian selatan tuna mata besar berukuran antara 25-208 cm (Ariz *et al.* 2006). Tuna mata besar yang tertangkap di Samudra Atlantik berkisar antara 50-206 cm (Zhu *et al.* 2011). Adapun hasil yang berbeda dilaporkan Nootmorn (2004), dimana tuna mata besar yang didaratkan di Phuket, Thailand memiliki ukuran berkisar 83-175 cm. Perbedaan ukuran ini diduga disebabkan oleh metode pengambilan sampel yang berbeda dimana dalam penelitian tersebut berbasis pencatatan di pelabuhan pendaratan sehingga ikan yang berukuran kecil seringkali tersortir dan tidak tercatat karena memiliki nilai ekonomis yang rendah atau digunakan kembali sebagai umpan untuk menangkap ikan yang lebih besar pada saat proses penangkapan berlangsung.

Gambar 2. Sebaran ukuran panjang tuna mata besar yang tertangkap di Samudra Hindia tahun 2005-2014.

Keterangan: garis putus-putus menunjukkan ukuran pertama matang gonad (L_m) 100 cm

Gambar 3. Sebaran spasial rata-rata panjang cagak dan komposisi ukuran panjang tuna mata besar dibandingkan dengan ukuran pertama matang gonad (L_m) di Samudra Hindia

Tabel 1. Jumlah spesimen, rerata dan variasi sebaran panjang, tuna mata besar

Tahun	n	Panjang (cm)				SE
		Minimal	Rata-rata	Maksimal	SD	
2005	419	42	110,46	186	21,80	1,06
2006	852	40	108,41	192	22,52	0,77
2007	582	52	114,48	183	21,27	0,88
2008	826	45	117,52	180	23,29	0,81
2009	678	47	119,05	183	25,71	0,99
2010	489	40	111,90	183	23,33	1,05
2011	207	50	114,28	190	28,43	1,98
2012	770	39	115,44	181	24,12	0,87
2013	433	30	112,85	173	27,30	1,31
2014	674	60	116,33	173	20,65	0,79
Total	5930	30	111,70	192	23,75	0,31

Nisbah Kelamin

Berdasarkan hasil pengamatan tidak semua tuna mata besar yang tertangkap rawai tuna dapat diidentifikasi jenis kelaminnya. Hal ini dikarenakan sebagian ikan tuna mata besar tidak dibedah di atas kapal dan dimakan predator saat waktu perendaman (*soaking time*), yaitu setelah tertangkap namun belum ditarik dari perairan. Jumlah tuna mata besar betina yaitu 1767 ekor (29,80%), jantan 2338 ekor (39,43%); dan 1825 ekor (30,77%) tidak diketahui jenis kelaminnya (*unknown*). Panjang cagak ikan betina berukuran antara 42-192 cm, sedangkan pejantan berukuran antara 56-184 cm. Perbandingan nisbah kelamin betina dan jantan adalah 1:1,32. Berdasarkan hasil uji *chi-square* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dimana nilai χ^2_{hitung} (79,42) lebih besar daripada χ^2_{tabel} (3,84). Hal ini berarti tuna nisbah kelamin tuna mata besar berada pada kondisi tidak seimbang dimana ikan jantan lebih mendominasi daripada betina. Jika dibandingkan dengan ukuran matang gonad adalah 100 cm, maka sebanyak 84,10% betina (1486 ekor) dan 80,37% jantan (1.879 ekor) lebih besar daripada ukuran matang gonad atau 81,97% tuna mata besar secara

keseluruhan sudah matang secara seksual (Gambar 4).

Hasil pengamatan terhadap nisbah jenis kelamin menunjukkan bahwa secara keseluruhan tuna mata besar yang tertangkap didominasi oleh ikan jantan. Hasil penelitian ini serupa dengan penelitian sebelumnya di Laut Andaman dan Nicobar (Anrose and Kar 2010); di Laut Coral (Zona Penangkapan Ikan Australia) (Farley *et al.* 2003); dan di Samudra Atlantik tengah bagian barat (Xu *et al.* 2006), dimana dilaporkan bahwa nisbah kelamin jantan lebih dominan daripada betina. Sementara itu, hasil yang berbeda dilaporkan oleh Nootmorn (2004) di Samudra Hindia bagian timur; dan di perairan Taiwan (Wang *et al.* 2002); dimana tuna mata besar betina lebih mendominasi daripada jantan.

Menurut Bal and Rao (1984), untuk mempertahankan kelangsungan hidup dalam suatu populasi, perbandingan jantan dan betina diharapkan berada dalam kondisi seimbang, setidaknya ikan betina lebih banyak. Nisbah kelamin di alam sering terjadi penyimpangan dari kondisi ideal. Hal ini disebabkan adanya perbedaan pertumbuhan sehingga berpengaruh pada perbedaan laju kematian alami ikan jantan dan betina, tingkah laku dalam kawanan, kondisi lingkungan, dan faktor penangkapan (Bal and Rao 1984; Schaefer 2001; Lambert

et al. 2003). Nisbah kelamin diduga memiliki keterkaitan dengan habitat ikan. Pada habitat yang ideal untuk melakukan pemi-jahan, umumnya komposisi ikan jantan dan ikan betina seimbang (Nasution 2004; Effendie 2002; Wahyuono *et al.* 1983).

Nilai nisbah kelamin berfluktuasi menurut pertambahan ukuran panjang dengan pola yang tidak beraturan khususnya pada ukuran dibawah 95 cm. Namun, nilai nisbah kelamin menunjukkan peningkatan dimana ikan betina akan semakin bertambah pada ukuran 96-145 cm membentuk persamaan regresi ($y=a+bx$), yaitu nisbah kelamin = $0,0589+0,0031*FL$, dengan koefisien determinasi (R^2)=0,8151 (Gambar 5(a)). Distribusi nisbah kelamin tuna mata besar bervariasi secara bulanan dimana hampir setiap bulan didominasi oleh ikan jantan. Namun demikian, nisbah kelamin jantan dan betina pada bulan-bulan tertentu berada pada kondisi seimbang (1:1) yaitu pada bulan Mei-Juni, September-Oktober, dan Desember (Gambar 5(b)).

Gambar 5(b) menjelaskan bahwa kondisi nisbah kelamin betina dan jantan berada pada kondisi seimbang terjadi pada bulan Mei-Juni, September-Oktober, dan Desember. Menurut Wahyuono *et al.* (1983), untuk menjaga kelestarian populasi, idealnya rasio jenis kelamin berada pada keadaan seimbang atau jumlah ikan

Gambar 4. Sebaran jenis kelamin tuna mata besar berdasarkan kelas panjang.
Keterangan: Garis putus-putus menunjukkan ukuran pertama matang gonad (L_m) 100 cm

betina lebih banyak. Hal ini bertujuan agar kemungkinan pembuahan sel telur oleh spermatozoa semakin besar (Effendie 2002). Hasil penelitian ini berkaitan dengan dugaan berlangsungnya musim pematangan tuna mata besar di Samudra Hindia bagian timur pada penelitian sebelumnya yang terjadi pada bulan Juni, Desember, dan Januari (Nootmorn 2004; IOTC 2013).

Tuna mata besar dengan rata-rata panjang cagak lebih dari 100 cm tertangkap di Samudra Hindia teritorial Indonesia (grid 2° LU – 13° LS dan 90-125° BT) didominasi oleh ikan jantan (60,52%) dibandingkan betina (39,48%). Hal yang berbeda dengan tuna mata besar yang tertangkap di luar teritorial Indonesia, dimana ikan betina dan jantan yang berukuran lebih dari 100 cm

Gambar 5. (a) Hubungan nisbah kelamin dengan ukuran panjang cagak dan (b) kondisi nisbah kelamin bulanan tuna mata besar di Samudra Hindia.

Keterangan: Garis putus-putus pada Gambar 5(a) menunjukkan batasan selang kelas ($98 \leq \text{FL} \leq 143$) untuk analisa regresi. Bulatan hitam pada Gambar 5(b) menunjukkan keseimbangan nisbah kelamin jantan dan betina (1:1).

Gambar 6. Sebaran spasial rata-rata panjang cagak dan nisbah jenis kelamin tuna mata besar di Samudra Hindia.

Gambar 7. Daerah sebaran larva tuna mata besar di Samudra Hindia (Matsuura, *et al.* 1997)

Keterangan: Panah hitam menunjukkan konsentrasi larva tuna mata besar

relatif seimbang yakni dengan persentase berturut-turut adalah 42,98% dan 57,02% (Gambar 6). Perairan antara Indonesia dan Australia (termasuk Zona Ekonomi Eksklusif) di sebelah timur Samudra Hindia dikenal merupakan daerah pemijahan yang penting bagi beberapa spesies tuna dan sejenisnya (Nishikawa *et al.* 1985). Hal ini dapat dilihat dari penelitian menurut Ueyanagi (1969), dimana terdapat konsentrasi sebaran larva tuna mata besar pada bulan November – April di perairan selatan Indonesia (Gambar 7). Perairan Samudra Hindia selatan Jawa (Indonesia) yang berbatasan dengan Australia juga dikenal merupakan satu-satunya lokasi yang diketahui bagi pemijahan tuna sirip biru selatan (Matsuura *et al.* 1997; Farley *et al.* 2014).

Nisbah jenis kelamin merupakan proporsi ikan berjenis kelamin jantan dan betina yang dapat digunakan untuk mendukung kemampuan pemijahan suatu jenis ikan (Hamano and Matsuura 1987). Guna memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang aspek reproduksi dan musim pemijahan tuna mata besar, juga diperlukan informasi tentang perkembangan tingkat kematangan gonad secara berkesinambungan untuk

memperoleh lokasi dan musim pemijahan tuna mata besar secara lebih akurat. Hal ini sangat penting dilakukan untuk menunjang pengelolaan perikanan tuna berdasarkan kajian yang komprehensif, sehingga dapat ditentukan lokasi dan waktu pemijahan serta upaya perlindungannya untuk mewujudkan pengelolaan perikanan tuna mata besar, khususnya di Samudra Hindia, yang lestari baik di tingkat nasional maupun regional/internasional.

KESIMPULAN

Sebaran ukuran panjang cagak tuna mata besar berkisar antara 30-192 cm, modus ukuran 121-125 cm dan rata-rata 111,70 cm. Sebanyak 69,21% diantaranya berukuran lebih besar dari ukuran pertama kali matang gonad (Lm) dan telah layak ditangkap. Nisbah kelamin antara betina dan jantan adalah 1:1,32 dimana secara keseluruhan sebanyak 81,97% tuna mata besar telah matang secara seksual. Hubungan antara nisbah kelamin dengan panjang ikan menunjukkan signifikansi dimana ikan betina semakin meningkat pada ukuran 96-145 cm dengan membentuk persamaan regresi (nisbah kelamin =

0,0589+0,0031*FL). Kondisi nisbah kelamin seimbang terjadi bulan Mei-Juni, September-Oktober, dan Desember yang ditemukan di selatan Jawa hingga Nusa Tenggara Timur dan perairan Australia barat daya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan kontribusi dari kegiatan program enumerasi monitoring hasil tangkapan tuna di Pelabuhan Benoa dan program observer tuna pada kapal tuna *longline* di Samudra Hindia tahun 2005-2010 yang terselenggara atas kerjasama penelitian antara Pusat Riset Perikanan Tangkap-Kementerian Kelautan dan Perikanan dengan *Australian Centre for International Agricultural Research* (ACIAR Project FIS/2002/074) tahun 2005-2010. Tulisan ini juga merupakan kontribusi kegiatan penelitian sumberdaya perikanan tuna di Samudra Hindia yang dibiayai oleh DIPA Balai Penelitian Perikanan Laut Tahun Anggaran 2011 dan DIPA Loka Penelitian Perikanan Tuna Tahun Anggaran 2012-2014. Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh observer ilmiah di Loka Penelitian Perikanan Tuna yang telah membantu dalam proses pengumpulan data penelitian ini.

DAFTAR ACUAN

- Anrose, A, and A B Kar. 2010. "Some Aspect of The Bigeye Tuna (*Thunnus Obesus*, Lowe 1839) in Andaman and Nicobar Waters." *The 12th Session IOTC Working Party on Tropical Tunas. Victoria, Seychelles 18-25 October 2010*. <http://www.iotc.org/sites/default/files/documents/proceedings/2010/wppt/IOTC-2010-WPTT-41.pdf>.
- Ariz, J., A.D. de Molina, M.L. Ramos, and J C Santana. 2006. "Bigeye Tuna and Yellowfin Tuna Sex-Ratio Analysis from Observer Data Obtained during The Experimental Cruise on Spanish Longliners in the Southwestern Indian Ocean in 2005." *The 8th Session IOTC Working Party on Tropical Tunas. Victoria, Seychelles 24-28 July 2006*. <http://www.iotc.org/sites/default/files/documents/proceedings/2006/wppt/IOTC-2006-WPTT-05.pdf>.
- Bahtiar, A., A. Barata, and D. Novianto. 2013. "Sebaran Laju Pancing Rawai Tuna di Samudra Hindia." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* 9 (4): 195–202.
- Bal, D. V., and K. V. Rao. 1984. *Marine Fisheries*. New Delhi: Tata Mc. Graw-Hill Publishing Company Limited.
- Barata, A., D. Novianto, and A. Bahtiar. 2011. "Sebaran Ikan Tuna Berdasarkan Suhu dan Kedalaman di Samudra Hindia." *Ilmu Kelautan* 16 (3) (September): 165–70.
- Collette, Bruce B., and Cornelia E. Nauen. 1983. *FAO Species Catalogue Vol. 2 Scombrids of the World: An Annotated and Illustrated Catalogue of Tunas, Mackerels, Bonitos and Related Species Known to Date*. FAO Fisheries Synopsis No.125. Vol. 2. Rome: FAO.
- DJPT. 2012. *Statistik Perikanan Tangkap Indonesia, 2011*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap.
- Effendie, Moch. Ichsan. 2002. *Biologi Perikanan*. Yogyakarta: Yayasan Pustaka Nusantara.
- FAO. 1994. *World Review of Highly Migratory Species and Straddling Stocks*. FAO Fisheries Technical Paper No. 337. Rome: FAO Fisheries Department.
- Farley, J., N. Clear, B. Leroy, T. Davis, and G. Mc Pherson. 2003. "Age and Growth of Bigeye Tuna (*Thunnus Obesus*) from the Eastern and Western Australian Fishing Zone." *CSIRO Marine Research*.

- Farley, J.H., J. P. Eveson, T.L.O. Davis, R. Andamari, C.H. Proctor, B. Nugraha, and C.R. Davies. 2014. "Demographic Structure, Sex Ratio and Growth Rates of Southern Bluefin Tuna (*Thunnus Maccoyii*) on the Spawning Ground." *PLoS ONE* 9 (5). doi:10.1371/journal.pone.0096392.
- Fonteneau, Alain, J. Ariz, A. Delgado, P. Pallares, and R. Pianet. 2005. "A Comparison of Bigeye (*Thunnus Obesus*) Stocks and Fisheries in the Atlantic, Indian and Pacific Oceans." *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT* 57 (2): 41–66.
- Hamano, Tatsuo, and Shuhei Matsuura. 1987. "Sex Ratio of the Japanese Mantis Shrimp in Hakata Bay." *Nippon Suisan Gakkaishi* 53 (12): 22–79.
- Hedianto, Dimas A., and Sri E. Purnamaningtyas. 2013. "Biologi Reproduksi Ikan Golsom (*Hemichromis Elongatus*, Guichenot 1861) Di Waduk Cirata, Jawa Barat." *BAWAL Wid-yariset Perikanan Tangkap* 5 (3) (Desember): 159–66.
- IOTC. 2013. "Report of the Sixteenth Session of the IOTC Scientific Committee." <http://iotc.org/sites/default/files/documents/2014/01/IOTC-2013-SC16-RE.pdf>.
- IUCN. 2013. "The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2." <http://www.iucnredlist.org>.
- Jatmiko, I., B. Setyadji, and D. Novianto. 2014. "Distribusi Spasial Dan Temporal Ikan Tuna Mata Besar (*Thunnus Obesus*) Di Samudra Hindia Bagian Timur." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* 20 (3) (September): 137–42.
- Lambert, Y., N. A. Yaragina, G. Kraus, G. Marteinsdottir, and P. J. Wright. 2003. "Using Environmental and Biological Indices as Proxies for Egg and Larval Production of Marine Fish." *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 115–59.
- Matsuura, H., T. Sugimoto, M. Nakai, and S. Tsuji. 1997. "Oceanographic Conditions Near The Spawning Ground of Southern Bluefin Tuna; Northeastern Indian Ocean." *Journal of Oceanography* 53: 421–33.
- Nasution, Syahroma H. 2004. "Distribusi dan Perkembangan Gonad Ikan Endemik Rainbow Selebensis (*Telmatherina Celebensis*) di Danau Towuti, Sulawesi Selatan." Institut Pertanian Bogor.
- Nishikawa, Y., M. Honma, S. Ueyanagi, and S. Kikawa. 1985. "Average Distribution of Larvae of Oceanic Species of Scombroid Fishes, 1956–1981." *S Ser.Far Seas Fish.Res.Lab.* (12): 99p.
- Nootmorn, Praulai. 2004. "Reproductive Biology of Bigeye Tuna in the Eastern Indian Ocean." *IOTC Proceeding No. 77* (7): 1–5. <http://iotc.org/sites/default/files/documents/proceedings/2004/wptt/IOTC-2004-WPTT-05.pdf>.
- Schaefer, Kurt M. 2001. "Reproductive Biology of Tunas." In *Tuna: Physiology, Ecology, and Evolution*, edited by B. A. Block, E. D. Stevens, W. S. Hoar, D. J. Randall, and A. P. Farrel, 225–70. San Diego, California, USA.: Academic Press.
- Setyadji, B., A. Bahtiar, and B. Nugraha. 2012. "Analysis of Sex Ratio by Length Class of Bigeye Tuna (*Thunnus Obesus*) in the Indian Ocean." *Wid-yariset* 15 (3) (Desember): 593–98.
- Ueyanagi, S. 1969. "Observations on the Distribution of Tuna Larvae in the Indo-Pacific Ocean with Emphasis on the Delineation of the Spawning Areas of Albacore, *Thunnus Alalunga*." *Bull.Far Seas Fish.Res. Lab.* 2: 177–256.
- Wahyuono, H., S. Budihardjo, Wudianto, and R. Rustam. 1983. "Pengamatan Parameter Biologi Beberapa Jenis Ikan Demersal di Perairan Selat Malaka, Sumatera Utara." *Laporan Penelitian Perikanan Laut* 26: 29–48.

- Wang, S. B., F. C. Chang, S. H. Wang, and C. L. Kuo. 2002. "Distributed in Surrounding Waters of Taiwan." *The 15th Meeting of the Standing Committee on Tuna and Billfish (SCTB). Hawaii, July 22-27 2002*, no. July: 13. <http://www.soest.hawaii.edu/PFRP/sctb15/papers/RG-1.pdf>.
- Xu, L., G. Zhu, L. Song, and W. Jiang. 2006. "Preliminary Analysis on Biological Characteristic of Bigeye Tuna, *Thunnus Obesus*, Based on Observer's Data Available from the 2004-2005 Survey in the Western Central Atlantic Ocean." *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT* 59 (2): 555-63.
- Zhu, G. P., X. J. Dai, L. M. Song, and L. X. Xu. 2011. "Size at Sexual Maturity of Bigeye Tuna *Thunnus Obesus* (Perciformes: Scombridae) in the Tropical Waters: A Comparative Analysis." *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 11: 149-56. doi:10.4194/trjfas.2011.0119.
- Zhu, G., L. Xu, Y. Zhou, and X. Chen. 2009. "Growth and Mortality Rates of Bigeye Tuna *Thunnus Obesus* (Perciformes: Scombridae) in the Central Atlantic Ocean." *Revista de Biología Tropical* 57 (1-2) (March-June): 79-88. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19637690>.

Lampiran. Sebaran ukuran panjang cakak tuna mata besar yang tertangkap rawai tuna di Samudra Hindia tahun 2005-2014