

Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jkpt>

BIOLOGI REPRODUKSI MADIDIHANG (*Thunnus albacares* Bonnaterre, 1788) DI SAMUDRA HINDIA BAGIAN TIMUR

REPRODUCTIVE BIOLOGY OF YELLOWFIN TUNA (*Thunnus albacares* Bonnaterre, 1788) IN EASTERN INDIAN OCEAN

Gussasta Levi Arnenda^{#1,2}, Irwan Jatmiko¹ dan Afriana Kusdinar²

¹Loka Riset Perikanan Tuna – Benoa

Jl. Mertasari No.140, Sidakarya, Denpasar Sel., Kota Denpasar, Bali 80224

²Sekolah Tinggi Perikanan

Jl. AUP Pasar Minggu Jakarta Selatan 12520

E-mail: gussastaarnenda@gmail.com

(Diterima: 29 November 2018; Diterima setelah perbaikan: 18 Desember 2018; Disetujui: 18 Desember 2018)

ABSTRAK

Madidihang (*Thunnus albacares*) adalah salah satu hasil tangkapan penting bagi nelayan di Samudra Hindia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aspek biologi reproduksi madidihang yaitu: tingkat kematangan gonad, dugaan musim pemijahan dan panjang pertama kali matang gonad (*Lm*). Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Februari hingga November 2016 dengan mengambil sampel gonad di beberapa tempat pendaratan ikan yaitu: Padang, Palabuhanratu, Cilacap, Kedonganan, Benoa, Tanjung Luar dan Kupang. Sebanyak 191 ekor madidihang dikumpulkan dengan sebaran panjang cagak 54-162 cm dan rata-rata panjang cagak 131 cm. Tingkat kematangan gonad (TKG) madidihang yang tertangkap didominasi oleh TKG IV sebesar 50%, diikuti oleh TKG I (31%), TKG III (9%), TKG II (7%) dan TKG V (3%). Rata-rata *Gonadosomatic index* (GSI) madidihang adalah 1,03 (0,11-7,81). Sebaran GSI tiap bulan menunjukkan bahwa GSI tertinggi terjadi pada bulan November sebesar 1,32 sedangkan terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 0,74. Panjang pertama kali matang gonad terjadi pada ukuran 94,6 cm (82,7-108,2). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi basis data untuk mendukung pengelolaan perikanan madidihang secara lestari.

KATA KUNCI: Madidihang; tingkat kematangan gonad; GSI; panjang pertama kali matang gonad

ABSTRACT

Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) is one of the important catches for fishermen in the Indian Ocean. This study aims to determine the aspects of reproductive biology yellowfin tuna namely: the level of gonad maturity, spawning season and the length at first maturity (*Lm*). The study was conducted from February to November 2016 by taking samples of gonads at several fish landing sites: Padang, Palabuhanratu, Cilacap, Kedonganan, Benoa, Tanjung Luar and Kupang. A total of 191 yellowfin tuna collected with a fork length distribution of 54-162 cm and the average fork length of 131 cm. The gonad maturity stage (TKG) was dominated by TKG IV by 50%, followed by TKG I (31%), TKG III (9%), TKG II (7%) and TKG V (3%). The average Gonadosomatic index (GSI) of yellowfin tuna is 1.03 (0.11 - 7.81). The monthly GSI distribution showed that the highest GSI occurred in November with 1.32 while the lowest occurred in June with 0.74. The length at first maturity occurred at 94.6 cm (82.7-108.2). The results from this study are expected to be the data base to support sustainable management of yellowfin tuna fishery.

KEYWORDS: Yellowfin Tuna; maturity stage; GSI; Eastern Indian Ocean

Korespondensi: Loka Riset Perikanan Tuna, Benoa.
E-mail: gussastaarnenda@gmail.com

PENDAHULUAN

Madidihang (*Thunnus albacares*) merupakan hasil tangkapan tertinggi dalam kelompok tuna besaryang didaratkan di Pelabuhan Benoa. Dalam kurun waktu 2010-2014, madidihang mendominasi kelompok tuna besar dengan persentase sebesar 50% dari total produksi sebesar 14.939 ton, diikuti oleh tuna mata besar (40%) dan tuna sirip biru selatan (10%) (Jatmiko *et al.*, 2015). Secara nasional, hasil tangkapan kelompok tuna mencapai sekitar 936.000 ton dari tahun 2005 hingga 2012. Dari total tangkapan kelompok tuna besar tersebut, produksi madidihang adalah sebesar 72% dari total tangkapan kelompok tuna besar yang mencapai 1,3 juta ton (DJPT, 2014). Total produksi madidihang di Samudra Hindia di tahun 2015 sebesar 407.575 ton dengan rata-rata produksi dari tahun 2011-2015 sebesar 390.185 ton per tahun (IOTC, 2016).

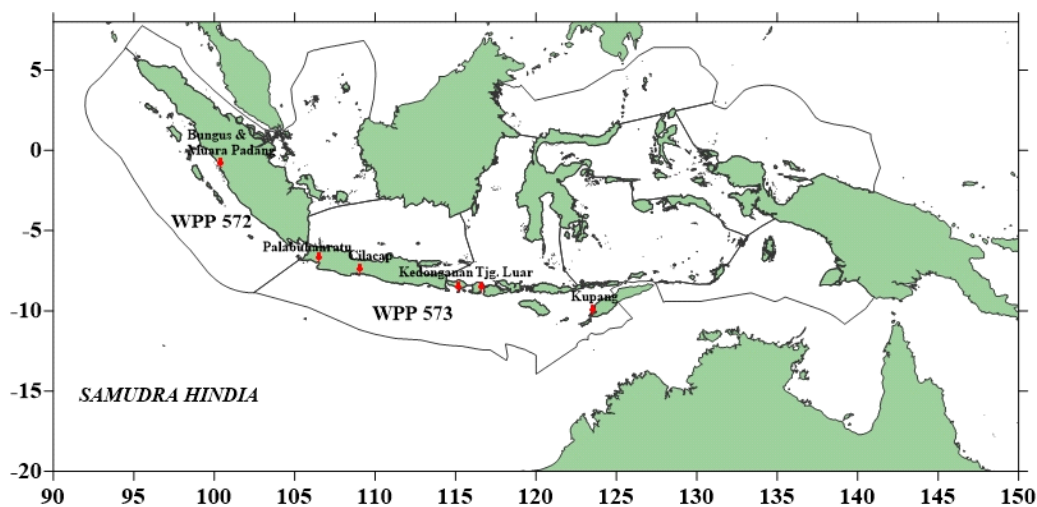
Madidihang merupakan spesies yang bermigrasi jauh (*highly migratory species*) yang distribusinya berada di perairan tropis hingga perairan subtropis. Spesies in dapat ditemukan di Samudra Atlantik, Hindia dan Pasifik (Collette & Nauen, 1983). Di Indonesia, daerah penyebaran madidihang meliputi perairan barat dan selatan Sumatera, selatan Jawa, Bali dan Nusa Tenggara, Laut Banda dan sekitarnya, Laut Sulawesi dan perairan barat Papua (Uktolseja *et al.*, 1991). Penelitian tentang tingkat kematangan gonad menggunakan analisis histologi masih sangat kurang di Indonesia

Salah satu aspek untuk mendukung upaya pengelolaan sumber daya ikan adalah pengetahuan dasar mengenai aspek biologi reproduksi. Penelitian tentang biologi reproduksi ikan dapat memberi data

dan informasi penting mengenai frekuensi pemijahan, keberhasilan pemijahan, lama pemijahan dan ukuran ikan ketika pertama kali mencapai kematangan gonad (Mardijah & Patria, 2012). Penentuan tingkat kematangan gonad selain menggambarkan siklus reproduksi, juga berkaitan dengan pendugaan umur atau ukuran ikan mencapai matang gonad dan waktu pemijahan (Abidin, 1986). Pengamatan melalui analisis histologi banyak digunakan untuk mengetahui biologi reproduksi pada spesies ikan dari family Scombridae seperti madidihang (Zudaire *et al.*, 2010), tuna mata besar (Sun *et al.*, 2013), albakor (Chen *et al.*, 2010) dan cakalang (Jatmiko *et al.*, 2015). Metode ini memberikan hasil yang akurat tentang status reproduksi ikan tuna (Schaefer, 2001). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aspek biologi reproduksi madidihang yaitu: tingkat kematangan gonad, dugaan musim pemijahan dan panjang pertama kali matang gonad (*L_m*).

METODE

Sampel gonad madidihang diperoleh dari pengumpulan gonad ikan madidihang betina. Dari setiap masing-masing sampel gonad ditimbang, dipotong sebagian dan disimpan kedalam botol sampel yang mengandung larutan pengawet (formalin 10%). Sampel gonad dianalisa dengan metode histologi di laboratorium biologi Loka Penelitian Perikanan Tuna. Pengumpulan data –data lainnya meliputi ukuran panjang, berat ikan dan berat gonad sampel. Pengambilan sampel gonad dilakukan di beberapa pelabuhan ikan di Pantai Selatan Jawa, yaitu: Kegiatan penelitian dilaksanakan di lokasi-lokasi pendaratan tuna di Samudra Hindia, yaitu Bungus (Kota Padang, Sumatera Barat), Muara Padang (Kota Padang,



Gambar 1. Lokasi pendaratan ikan dari penelitian ini.
Figure 1. Landing sites of this study.

Sumatera Barat), Palabuhanratu (Kab. Sukabumi, Jawa Barat), Cilacap (Kab. Cilacap-Jawa Tengah), Kedonganan (Kab. Badung, Bali), Tanjung Luar (Kab. Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat) dan Kupang (Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur) (Gambar 1). Tingkat kematangan gonad diamati secara histologi dan analisis *Gonadosomatic index* (GSI). Tingkat kematangan gonad madidihang dilakukan secara histologi mengikuti kriteria perkembangan oosit oleh Davis *et al.* (1996) yang membagi tingkat kematangan gonad betina menjadi 5 tingkat (Lampiran 1). Kegiatan ini dilaksanakan mulai bulan Februari – November 2016.

- Tingkat Kematangan Gonad

Pengamatan tingkat kematangan gonad dilakukan secara morfologis dan histologis. Untuk pengamatan secara morfologis mengikuti kriteria Schaefer & Orange (1956) yang membagi dalam lima tingkat yaitu:

- I. *Immature* : gonad memanjang dan ramping, ovari jernih berwarna abu-abu sampai kemerah-merahan, telur satu per satu dapat dilihat dengan kaca pembesar.
- II. *Early maturing* : ovari membesar, berwarna kemerah-merahan dengan pembuluh kapiler, bulatan telur belum dapat terlihat dengan mata telanjang, ovari mengisi sekitar setengah ruang bawah.
- III. *Late maturing* : ovari membesar dan membengkak, berwarna orange kemerah-merahan, butiran telur sudah dapat terlihat dengan mata biasa, ovari mengisi 2/3 ruang bawah.
- IV. *Ripe* : ovari sangat membesar, butiran telur membesar dan berwarna jernih, dapat keluar dari lumen dengan sedikit penekanan pada bagian perut, gonad mengisi penuh ruang bawah.
- V. *Spawning* : termasuk yang memijah sekarang dan mijah sebelumnya, ovari sangat besar dan lunak. Telur matang yang tertinggal dalam keadaan terserap, telur berwarna jernih dan ada yang tertinggal dalam ovari. Telur akan keluar dengan sedikit penekanan pada perut.

Pengamatan tingkat kematangan gonad dilakukan secara histologis dengan cara membuat preparat histologi dengan menggunakan metode yang baku berupa pewarnaan hematoxylin dan eosin (Luna, 1968; Mujimin, 2005). Preparat diamati di bawah mikroskop untuk ditentukan tingkat kematangannya. Perkembangan gonad ikan betina lebih banyak diperhatikan daripada ikan jantan karena perkembangan diameter telur yang terdapat dalam gonad lebih mudah dilihat daripada sperma yang terdapat di dalam testes (Effendie, 2002). Setiap gonad ditentukan tingkatannya berdasarkan kriteria

Farley & Davis (1999) dengan melihat perkembangan oosit yang memiliki ciri-ciri dan ukuran diameter telur berbeda, sebagai berikut :

- I. *Unyolked stage* (Belum berkembang)
- II. *Early yolked stage* (Berkembang).
- III. *Advanced yolked stage* (Permulaan matang).
- IV. *Migratory nucleus stage* (Hampir matang).
- V. *Hydrated stage* (Matang/hidrasi)

Perkembangan gonad juga mencapai tahap kondisi memijah atau salin yang dapat dilihat dengan ditemukannya *postovulatory follicles* (POF) dan *atresia*. Bentuk ovari sangat besar dan lunak, telur berwarna jernih dan matang yang tertinggal dalam keadaan terserap di ovari.

- GSI

$$GSI = \frac{Gw}{Bw} \times 100\%$$

keterangan:

GSI = Gonadosomatic index

Gw = berat gonad (gram)

W = berat total (gram)

Panjang pertama kali matang gonad (*Lm/Length at first maturity*) dianalisis dengan metode Spearman – Karber (Udupa, 1986)

$$m = xk + \frac{X}{2} - (X \sum pi)$$

keterangan:

m = logaritma ukuran pertama kali matang gonad

xk = logaritma nilai tengah kelas terakhir dimana terjadi matang gonad 100%

X = selisih logaritma nilai tengah

Pi = perbandingan matang gonad tiap kelas panjang

$$CL = \text{antilog} \left[m \pm 1.96 \sqrt{x^2 \sum \left\{ \frac{pi \times qi}{ni - 1} \right\}} \right]$$

CL = *Convidence limit* (batas atas dan bawah)

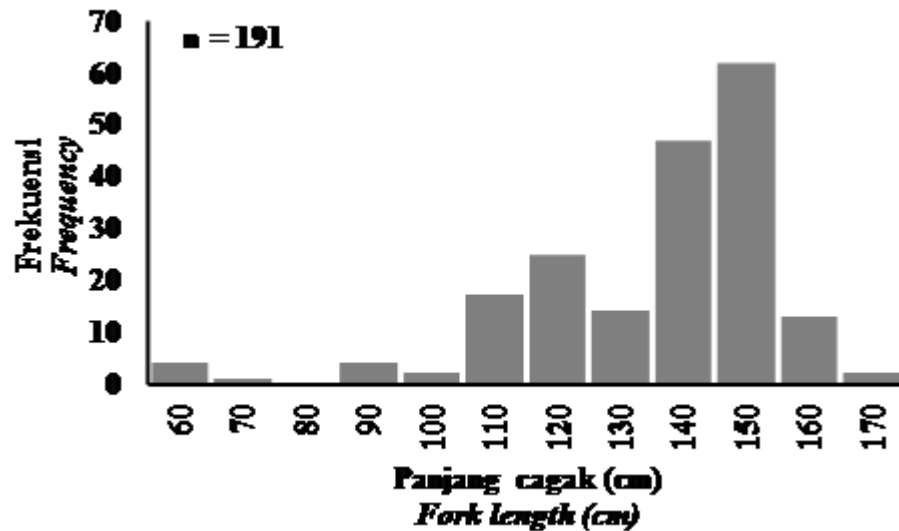
m = panjang ikan pertama kali matang gonad

ni = jumlah ikan pada kelas panjang ke-i

qi = 1 - pi

HASIL

Proses pengambilan sampel dilakukan selama 10 bulan dari bulan Februari hingga November 2016. Sebanyak 191 ekor madidihang dikumpulkan dan diambil gonadnya dengan kisaran panjang 54-162 cm (Gambar 2).

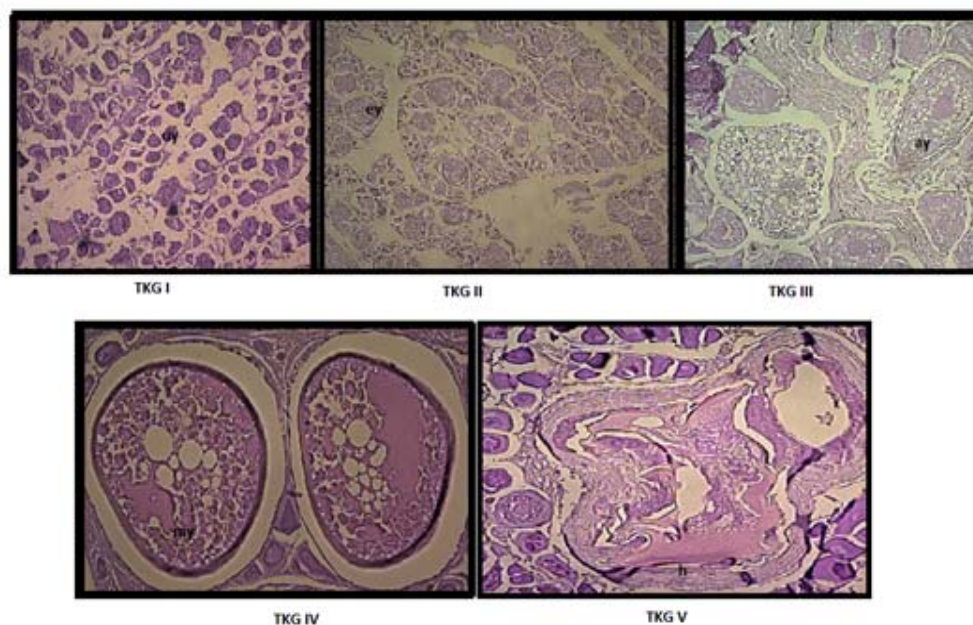


Gambar 2. Frekuensi panjang Madidihang (*Thunnus albacares*) di Samudra Hindia. Panjang cagak merupakan batas ataskelas panjang dengan interval 10 cm.

Figure 2. Length frequency of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in Indian Ocean. Fork length is upper limit

Kondisi Tingkat kematangan gonad ditemukan bervariasi dari TKG I hingga TKG V. Pada Pada TKG I, perkembangan gonad masih dalam tahap *oogenesis* yaitu proses pembentukan sel telur (oosit). Sel telur masih berukuran kecil dan inti sel (*nucleus*) berbentuk bulat atau oval, sitoplasma lebih tebal dan berwarna ungu. TKG II, oosit mulai berkembang dan memasuki

tahap awal *vitellogenesis* yaitu proses pengendapan kuning telur pada tiap-tiap sel telur. Ukuran diameter oosit meningkat, inti sel kelihatan bertambah besar dan kuning telur tersebar di sekitar oosit dan inti sel. TKG III, disebut juga *advanced yolked stage* atau tahap permulaan matang gonad. Pada tahap ini jumlah dan ukuran butiran kuning telur semakin bertambah



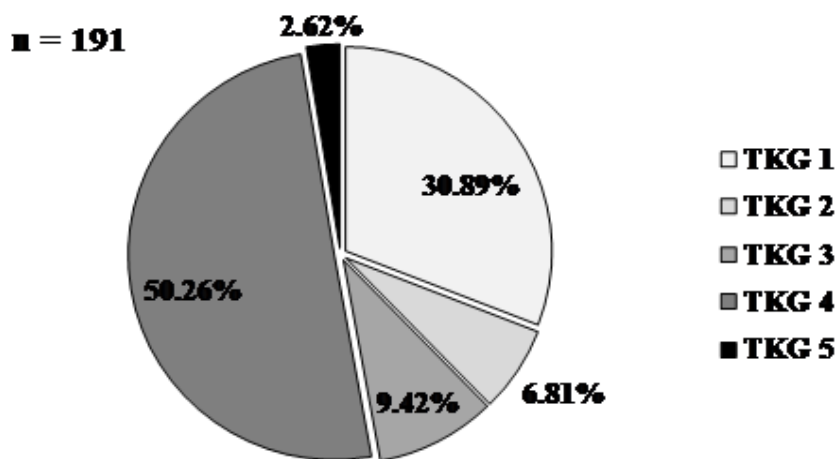
Gambar 3. Irisan histologi madidihang dari TKG I hingga TKG V dengan perbesaran 100x. *Unyolked stage* (Belum berkembang), *Early yolked stage* (Berkembang), *Advanced yolked stage* (Permulaan matang), *Migratory nucleus stage* (Hampir matang), *Hydrated stage* (Matang/hidrasi).

Figure 3. Histological section of yellowfin tuna from TKG I to TKG V with 100x magnifications. *Unyolked stage*, *Early yolked stage*, *Advanced yolked stage*, *Migratory nucleus stage*, *Hydrated stage*.

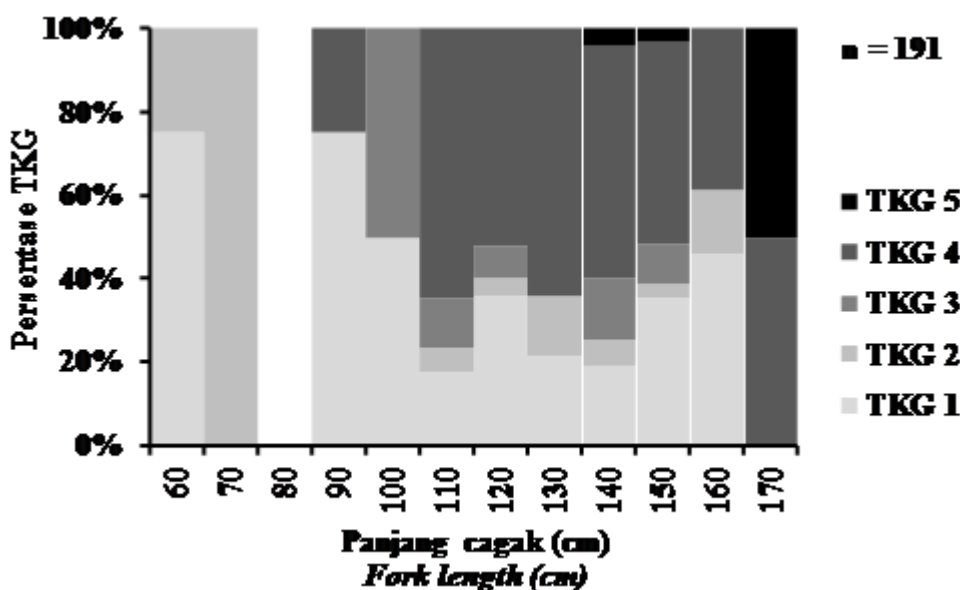
dan nampak jelas di seluruh area oosit. Butiran minyak (*oil droplet*) mulai terlihat di dalam sitoplasma, inti sel terkonsentrasi di sentral oosit, zona radiata melebar dan berubah warna menjadi *pink*. TKG IV, memasuki tahap awal *maturation* (hampir matang). Butiran kuning telur sudah banyak mencapai *fully yolked oocytes*, butiran minyak semakin banyak menyebar dari sekitar inti sel sampai ke pinggiran oosit. Inti sel bermigrasi menuju sekeliling oosit dan biasanya tergantikan dengan beberapa butiran minyak. TKG V, merupakan tahap matang akhir atau *hydrated stage*. Kuning telur tergabung menjadi satu dan tampak seperti noda berwarna merah muda terang.

Ukuran oosit bertambah dan bervariasi sehingga tidak ada yang dominan karena berada dalam kondisi hidrasi. (Gambar 3).

Tingkat kematangan gonad (TKG) madidihang yang tertangkap didominasi oleh TKG IV sebesar 50%, diikuti oleh TKG I (31%), TKG III (9%), TKG II (7%) dan TKG V (3%) (Gambar 4). Persentase TKG pada masing-masing panjang cagak menunjukkan bahwa madidihang belum matang gonad (TKG I dan II) terdapat pada kisaran panjang 60-160 cm. Sedangkan madidihang matang gonad (TKG III, IV dan V) terdapat pada kisaran panjang 90-170 cm (Gambar 5).



Gambar 4. Persentase tingkat kematangan gonad (TKG) madidihang berdasarkan analisis histologi.
Figure 4. Percentage of maturity stage for yellowfin tuna based on histological analysis.

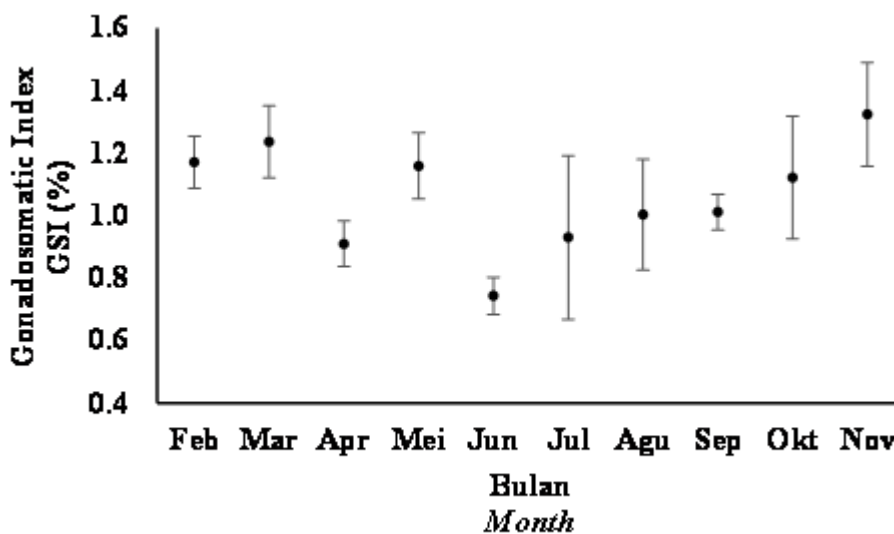


Gambar 5. Tingkat kematangan gonad (TKG) madidihang berdasarkan kelas panjang. Panjang cagak merupakan batas atas kelas panjang dengan interval 10 cm.
Figure 5. Maturity stage for yellowfin tuna based on length class. Fork length is upper limit of length class with 10 cm intervals.

Rata-rata *Gonadosomatic index* (GSI) madidihang adalah 1,03 (0,11-7,81). Sebaran GSI tiap bulan menunjukkan bahwa GSI tertinggi terjadi pada bulan November sebesar 1,32 sedangkan terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 0,74. (Gambar 6). Perhitungan panjang pertama kali matang gonad dimulai pada TKG IV dimana ikan dikategorikan sudah matang gonad (Farley & Davis, 1999), dalam Mardijah dan Patria (2012). Berdasarkan perhitungan dengan metode Spearman – Karber (Udupa, 1986), panjang pertama kali matang gonad madidihang di Samudra Hindia adalah 94,6cm dengan kisaran antara 82,7-108,2 cm (Lampiran 2).

PEMBAHASAN

Tingkat kematangan gonad merupakan tahapan tertentu perkembangan gonad dan sesudah ikan memijah. Untuk menduga musim pemijahan ikan madidihang yang tertangkap diperairan Samudra Hindia, maka hasil pengamatan tingkat kematangan gonad betina ditabulasikan menurut bulan, terlihat bahwa musim pemijahan madidihang di perairan Samudra Hindia diduga terjadi pada bulan Februari - Mei. Analisa GSI diketahui berkisar antara 0,1078-2,4158. Hasil ini sejalan dengan penelitian Andamari *et al.*(2012) diperairan Samudra Hindia dimana nilai GSI terkecil 0,19 dan terbesar 2,8.



Gambar 6. Sebaran GSI bulanan madidihang di Samudra Hindia dari bulan Februari hingga November 2017.
 Figure 6. Monthly GSI distributions of skipjack tuna in Indian Ocean from February to November 2017.

Ikan yang berat atau panjangnya lebih besar tidak selalu mempunyai nilai GSI yang besar pula, nilai GSI lebih ditentukan oleh besarnya gonad dan tingkat kematangan. Nilai rata-rata GSI sangat fluktuatif setiap bulanan dimana GSI terendah terjadi pada bulan September dan tertinggi pada bulan Maret. Pada bulan September terjadi penurunan nilai rata-rata GSI secara signifikan dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya. Hal tersebut menunjukkan adanya indikasi mulai terjadi pemijahan. Di Samudra Hindia musim pemijahan terjadi pada pada Bulan Desember sampai Maret pada 0-10° Lintang Selatan dan 75° Bujur Timur (IOTC, 2003) sedangkan (Nootmorn. *et al.*, 2005) musim pemijahan terjadi antara bulan November sampai April, (Zhu. *et al.*, 2008) memperkirakan pemijahan terjadi pada bulan Januari sampai Juni. Yuen dan Jones (1957), dan Kikawa (1966) dalam Suzuki (1994) madidihang memijah sepanjang tahun.

Berdasarkan analisa dengan metode Spearman-Karber (Udupa, 1986) diperoleh dugaan rata-rata

ukuran pertama kali matang gonad (*Lm*) ikan madidihang betina diperairan Samudra Hindia adalah 94,6cm atau pada kisaran antara 82,7-108,2cm. Madidihang mencapai panjang pertama kali matang gonad diperkirakan 77,8 cm (Zudaire *et al.*, 2010). IOTC (2009) dan Zhu. *et al.* (2008) menyatakan ukuran pertama kali matang gonad ikan madidihang di Samudra Hindia diperkirakan pada ukuran panjang 100 cm. Selanjutnya Stequer dan Marsac (1989) memperkirakan ukuran pertama kali matang gonad tuna madidihang di Samudra Hindia berkisar antara 120-140cm. Selanjutnya Mardijah & Patria menyatakan di perairan teluk tomini ukuran pertamaka kali matang gonad 94,8 cm FL atau pada kisaran 89,2-100,9 cm

Adanya perbedaan hasil perhitungan tersebut dapat terjadi karena ukuran panjang pertama kali matang gonad sangat bervariasi di antara beberapa jenis ikan maupun dalam jenis ikan itu sendiri, dengan demikian individu yang berasal dari satu kelas umur ataupun

dari kelas panjang yang sama tidak selalu harus mencapai panjang pertama kali matang gonad pada ukuran yang sama (Udupa, 1986). Lagler *et al.* (1977) menyatakan beberapa faktor yang mempengaruhi saat ikan pertama kali matang gonad antara lain adalah perbedaan spesies, umur dan ukuran, serta sifat-sifat fisiologi individu yang berbeda jenis kelamin dan juga berpijah yang sesuai.

KESIMPULAN

Tingkat kematangan gonad (TKG) madidihang yang tertangkap didominasi oleh TKG IV sebesar 50%. Musim pemijahan madidihang di Samudra Hindia diperkirakan berlangsung mulai bulan November. Panjang pertama kali matang gonad terjadi pada ukuran 94,6 cm (82,7-108,2). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi basis data untuk mendukung pengelolaan perikanan madidihang secara lestari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai dari DIPA Loka Riset Perikanan Tuna TA 2016. Penulis mengucapkan terima kasih kepada analis laboratorium histologi sdr. Noor Muhammad dan sdr. Hasan Saiful Rizal yang telah memberikan bantuanselama proses analisis histologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, A. Z. (1986). The reproductive biology of tropical cyprinid from zoo lake. Kuala Lumpur, Malaysia. *J. Fish. Biol.* 29:381-392.
- Andamari, R., Hutapea, J.H., & Prisantoso, B.I. (2012). Aspek reproduksi ikan madidihang (*Thunnus albacares*). *J. Ilmu. Tek. Kel. Tropis.* 4 (1):89-96.
- Bashmaker, V. F., Zamarov, V. V., & Ramanov, E.V. (1991). *Notes on reproductive biology of yellowfin tuna in the western Indian Ocean.* IPTP. Coll.Vol Work Doc TWS/91/32.
- Collette, B.B., & Nauen, C.E. (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.* Food and Agriculture organization of the United Nations (FAO) Fisheries Synopsis number 125, volume 2.
- Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap (DJPT). (2014). *Rencana Aksi Nasional; Rencana Pengelolaan Perikanan Tuna, Cakalang dan Tongkol* (p. 126). Jakarta: Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap, Kementerian Kelautan dan Perikanan
- Effendie, M.I. (2002). *Biologi perikanan.* Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta. 163 pp.
- Farley, J.H., & Davis, T. (1999). *Southern bluefin tuna: Quantifying reproductive status from histological sections and estimating batch fecundity.* CSIRO, Marine Research. 18 pp.
- IOTC (*Indian Ocean Tuna Commission*). (2016). *Report of the Twelve Session of the IOTC Working Party on Data Collection & Statistic.* Victoria, Seychelles. 28–30 November 2016. 37 p.
- Jatmiko, I., Setyadji, B., & Novianto, D. (2016). Produksi perikanan tuna hasil tangkapan rawai tuna yang berbasis di Pelabuhan Benoa. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia.* 22(1), 25-32.
- Jatmiko, I., Hartaty, H., & Bahtiar, A. (2015). Biologi reproduksi ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Samudra Hindia Bagian Timur. *Jurnal Bawal.* 7(2), 87-94.
- Mardlijah, S., & Patria, M.P. (2012). Biologi Reproduksi Ikan Madidihang (*Thunnus albacares*) Bonatere 1788 di Teluk Tomini. *BAWAL, Widya Riset Perikanan Tangkap.* 4 (1):27 – 34.
- Nootmorn, P., Yakoh, A., & Kawises, K. (2005). Reproductive biology of yellowfin tuna in the eastern Indian Ocean. Victoria: *Indian Ocean Tuna Commission*, 2005.
- Norungee, D., & Kawol. (2011). Macroscopic study on some aspects of the reproductive biology of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the Western Indian Ocean. *In: Proceeding Working Party on Tropical Tunas of the IOTC 2011.*
- Schaefer, K.M. (2001). Assessment of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) spawning activity in the eastern Pacific Ocean. *Fish.Bull.* 99.343-350.
- Schaefer, M.B., & Orange, C.J. (1956). Studies on sexual development and spawning of yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in three areas of the Eastern Pacific Ocean by examination of gonads. *Bull.I-ATTC* 1 (6).282-349.
- Steuert, B., Panfili, J. & Dean, J. M. (1996). Age and growth of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, from the western Indian Ocean, based on otolith microstructure. *Fishery Bulletin.* 94, 124-134.
- Udupa, K.S. (1986). Statistical method of estimating the size at first maturity in fishes. ICLARM, Metro Manila, *Fishbyte.* 4 (2):8-10.
- Zhu, G., Xu, L., Zhou, Y., & Song, L. (2008). Reproductive biology of yellowfin tuna *T. albacares* in the west-central Indian Ocean. *Journal of Ocean University of China (English Edition)* 7: 327-332.
- Zudaire, I., Murua, H., Grande, M., Korta, M., Arrizabalaga, H., Areso, J., & Delgado, A. (2010). Reproductive biology of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western and Central Indian Ocean. *IOTC. WPPT.* 48.

Lampiran 1. Kriteria tingkat kematangan gonad
Appendix 1. The criteria of gonad maturity stage

TKG / Maturity stage	Keadaan / Condition	Keterangan / Remarks
1	Dara berkembang (immature)	Oosit kecil dengan sitoplasma berwarna ungu dengan nukleus. <i>Peripheral nukleoli</i> (titik hitam kecil) dapat dilihat di dalam nukleus yang mungkin menjadi tanda munculnya kuning telur.
2	Perkembangan I (early maturing)	Kuning telur berwarna pucat ungu dimulai di sitoplasma. Kuning telur berkonsentrasi di pinggiran oosit dan menyebar ke dalam ke arah nukleus.
3	Perkembangan II (late maturing)	Kuning telur berwarna merah muda terdapat di seluruh oosit. Zona radiata luas, berubah warna menjadi merah muda. Nukleus terletak di pusat.
4	Matang (ripe)	Nukleus berpindah ke pinggir oosit dan terkadang diganti dengan tetesan minyak. Terkadang dapat terlihat butiran kuning telur melebur membentuk <i>yolk plates</i> .
5	Salin (spent)	Kuning telur bergabung secara penuh berwarna merah muda. Oosit membesar dan berbentuk tidak teratur (mungkin karena kehilangan cairan pada saat persiapan analisis histologi).

Lampiran 2. Penghitungan ukuran panjang pertama kali matang gonad (*Lm*) madidihang di Samudra Hindia
Appendix 2. Calculations of length at first maturity (*Lm*) of yellowfin tuna in Indian Ocean

Kelas Panjang (cm)	Tengah Kelas (cm)	Log Tengah Kelas (Xi)	Jumlah Ikan (ni)	Belum Dewasa	Dewasa (ri)	Proporsi Dewasa (pi)	$X_{i+1} - X_i = X$	$q_i = 1 - p_i$	$(p_i q_i) / (n_i - 1)$
51-60	55	1.7404	4	4	0	0.000	0.0726	1.0000	0.0000
61-70	65	1.8129	1	1	0	0.000	0.0621	1.0000	0.0000
71-80	75	1.8751	0	0	0	0.000	0.0544	1.0000	0.0000
81-90	85	1.9294	4	3	1	0.250	0.0483	0.7500	0.0625
91-100	95	1.9777	2	1	1	0.500	0.0435	0.5000	0.2500
101-110	105	2.0212	17	4	13	0.765	0.0395	0.2353	0.0112
111-120	115	2.0607	25	10	15	0.600	0.0362	0.4000	0.0100
121-130	125	2.0969	14	5	9	0.643	0.0334	0.3571	0.0177
131-140	135	2.1303	47	12	35	0.745	0.0310	0.2553	0.0041
141-150	145	2.1614	62	24	38	0.613	0.0290	0.3871	0.0039
151-160	155	2.1903	13	8	5	0.385	0.0272	0.6154	0.0197
161-170	165	2.2175*)	2	0	2	1.000	0.0000	0.0000	0.0000
			191	72	119	5.4998			0.3792
*) Last log size at which 100% fully mature									
$m = X_i + X/2 - (X \times \pi \times p_i)$					$CL = \text{Antilog} ((m \pm 1.96 \times X \times \pi \times (p_i \times q_i) / (n_i - 1)))$				
$m = 2.2175 + (0.0483/2) - (0.0483 \times 5.4998)$					Upper limit $\text{Antilog}(1.976 + 1.96 \times (0.05^2 \times 0.379)) = 108.2$				
$m = 1.976$					Lower limit $\text{Antilog}(1.976 - 1.96 \times (0.05^2 \times 0.379)) = 82.7$				
$\text{Antilog}(1.976) = 94.6 \text{ cm}$					$L_m = 94.6 \text{ cm} (82.7 - 108.2 \text{ cm})$				