

**PERKEMBANGAN HISTOLOGI GONAD, FEKUNDITAS DAN PENDUGAAN  
PEMIJAHAN TONGKOL LISONG (*Auxis rochei* Risso, 1810)  
DI PERAIRAN SELATAN BALI**

**HISTOLOGICAL DEVELOPMENT OF GONADS, FECUNDITY AND SPAWNING ESTI-  
MATION FOR BULLET TUNA (*Auxis rochei* Risso, 1810)  
IN THE SOUTHERN WATERS OFF BALI**

**Indrastiwi Pramulati\*<sup>1</sup>, A.A.S.A. Sukmaningsih<sup>2</sup> dan F.X. Sudaryanto<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Program studi Magister Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Badung, Bali

<sup>2</sup>Staf Program studi Magister Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Badung, Bali

Teregistrasi I tanggal: 23 Maret 2022; Diterima setelah perbaikan tanggal: 20 Juni 2022;

Disetujui terbit tanggal: 24 Juni 2022

**ABSTRAK**

Tongkol lisong (*Auxis rochei* Risso, 1810) adalah satu jenis ikan tuna neritik yang terdapat di perairan Samudera Hindia selatan Jawa. Tingkat pemanfaatan pada saat ini diduga telah mencapai fully exploited. Penelitian tongkol lisong dilakukan untuk memperoleh data biologi reproduksi meliputi perkembangan gonad betina, fekunditas dan pemijahan di perairan selatan Bali sebagai bahan masukan bagi pengelolaan. Penelitian dilakukan pada bulan Juni-November 2021, melalui pengambilan contoh dari hasil tangkapan yang didaratkan di PPI Kedonganan, Bali. Sebanyak 151 ekor ikan betina dari total sampel 317 ekor (panjang 15-35 cmFL) telah diteliti. Sampel gonad segar difiksasi dan dianalisis secara histologis melalui metode parafin dengan pewarnaan *Harris-Haemotoxilin* dan *Eosin*. Tongkol lisong mempunyai tipe pemijahan ganda dengan kematangan oosit tidak seragam, ditandai adanya beberapa tingkat kematangan oosit dalam satu ovarium. Tongkol lisong betina yang belum matang gonad memiliki oosit *unyielded* dan *early yielded* berdiameter antara 41-179  $\mu\text{m}$ ; gonad ikan betina dewasa memiliki oosit lebih matang yaitu *advanced yielded* (AY) berdiameter antara 275-328  $\mu\text{m}$ , mempunyai *migratory nucleus* berdiameter antara 475-514  $\mu\text{m}$  dan *hydrated* berdiameter sekitar 554  $\mu\text{m}$ . Secara makroskopis tongkol lisong betina berpijah sejak bulan Juli dengan kontribusi 32%. Pengamatan mikroskopis menunjukkan pemijahan telah berlangsung sejak Juni hingga Oktober, puncak pemijahan Juli-Agustus dengan kontribusi 52% dari total ikan betina yang diamati. Dugaan fekunditas dengan oosit *migratory nucleus* dan *hydrated* yang dikeluarkan berkisar antara 5.062-229.707 butir telur/ekor atau rata-rata 81.351 butir/ekor.

**Kata Kunci:** Gonad; fekunditas; pemijahan; tongkol lisong; selatan Bali

**ABSTRACT**

*Bullet tuna (Auxis rochei) is one of the neritic tuna species in the Indian Ocean south of Java. At present, its exploitation rate of its has reached fully exploited. This study was conducted to obtain the data on reproductive biology related to the gonadal (ovaries) development, fecundity and spawning in the southern waters off Bali as the input for management. The research was conducted from June to November 2021 by biological fish sampling from the catch landed. About 151 females fish from a total of 317 fishes ranging between 15-35 cm FL could be observed. The fresh gonad samples were fixed and analyzed histologically by the paraffin method with Harris-Haemotoxilin and Eosin's staining. Bullet tuna is a multiple spawner type with asynchronous oocyte development. The immature female fish have an unlocked and early yielded oocytes with 41-179  $\mu\text{m}$  in diameter; the mature ovaries have oocytes in a higher level of maturity, namely advanced yielded (275-328  $\mu\text{m}$  in diameter), migratory nucleus (475-514  $\mu\text{m}$  in diameter), and hydrated oocytes (about 554  $\mu\text{m}$  in diameter). Macroscopically, the female bullet tuna spawned in July, characterized by decreasing GSI value and the presence of ovaries in the maturity stage IV (mature) and V (spent), with a contribution of 32% of total females landed. The microscopic observations during the sampling periods showed that spawning, characterized by the emergence of spawning development classes, took place from June to October. The peak of spawning was around July-August, where the*

Korespondensi penulis:

e-mail: [indrastiwiipramulati@gmail.com](mailto:indrastiwiipramulati@gmail.com)

contribution was 52% of the total females landed. Estimation of fecundity (number of mature eggs released during spawning) with that migratory nucleus and hydrated oocytes in between 5,062-229,707 eggs/individual with an average of 81,351 eggs/individual.

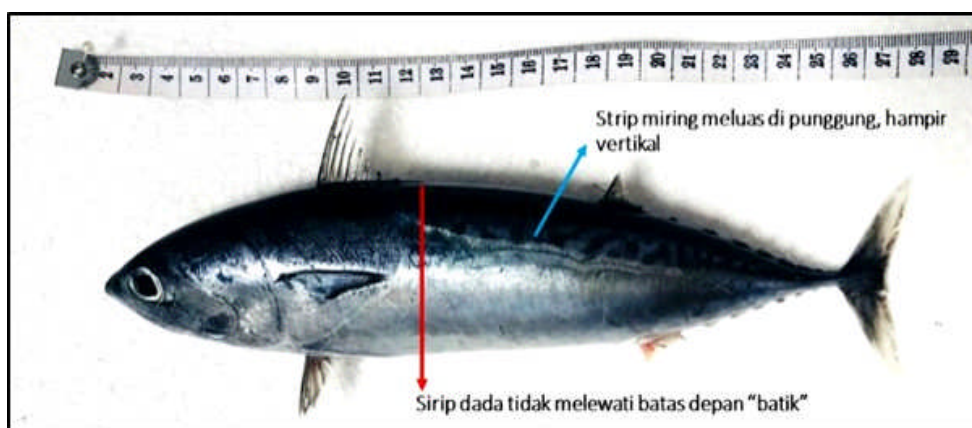
**Keywords:** Gonads; fecundity; spawning; bullet tuna; south off Bali

## PENDAHULUAN

Tongkol lisong atau *bullet tuna* (*Auxis rochei*, Family Scombridae) adalah satu diantara enam jenis tuna neritik yang menjadi komoditas perikanan penting dan memberi kontribusi sekitar 29% dari total hasil tangkapan ikan secara nasional (DJPT, 2013). Perairan Indonesia merupakan kawasan potensial untuk berbagai tuna neritik ekonomi tinggi dengan penangkapan berlangsung sepanjang tahun. Pada Kep Men KP No.17 tahun 2015 belum disebutkan secara khusus potensi lestari ikan tongkol lisong. Beberapa peneliti menyebutkan tingkat pemanfaatan ikan tongkol lisong di Samudera Hindia sudah tereksplorasi penuh (*fully exploited*) (Noegroho & Chodrijah, 2015) dan bahkan diduga telah mencapai status lebih tangkap (*overfishing*) (Yuliana et al., 2020). Menurut IUCN (2010), ikan tongkol lisong termasuk dalam *least concern* (LC) atau sedikit mengkhawatirkan sehingga memiliki resiko kepunahan sehingga perlu dilakukan konservasi.

Tongkol lisong merupakan jenis berukuran paling kecil dari kelompok ikan tuna, dicirikan oleh tubuh bulat memanjang menyerupai cerutu, kokoh; punggung kebiruan dan ungu tua atau hampir hitam di bagian kepalanya, perut (*abdomen*) berwarna putih. Sirip dada (*pectoral fin*) pendek dan sirip perut (*pelvic fin*) berwarna ungu dengan sisi dalam berwarna hitam (Dahlan et al., 2019). Ciri morfologi tongkol lisong dapat dilihat pada Gambar 1.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan histologis terhadap kematangan gonad secara mikroskopis dan makroskopis, fekunditas, serta dugaan pemijahan tongkol lisong (*Auxis rochei*) di perairan selatan Bali. Hasilnya diharapkan dapat bermanfaat sebagai masukan bagi kebijakan pengelolaan serta sebagai referensi untuk kajian stok, khususnya perikanan ikan tuna neritik di perairan Samudera Hindia sebelah selatan Jawa (WPP NRI-573).



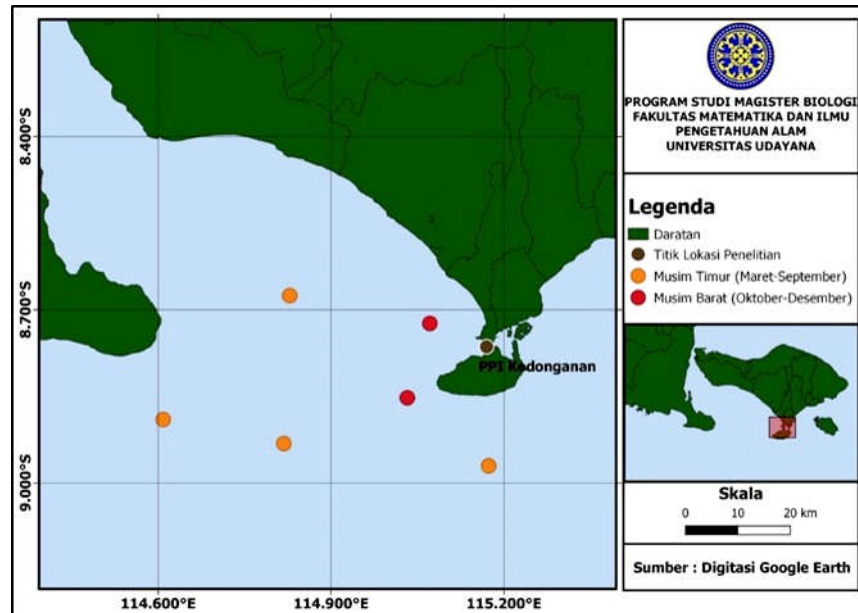
Gambar 1. Morfologi tongkol lisong (*Auxis rochei*).  
Figure 1. Morphology for bullet tuna (*Auxis rochei*).

## BAHAPANMETODE

### Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilaksanakan di Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Kedonganan (Bali) terhadap ikan tongkol lisong hasil tangkapan jaring insang (*gillnet*) yang dioperasikan nelayan dengan menggunakan kapal

berukuran 5-10 GT. Pada musim barat (Oktober-Februari) lokasi daerah penangkapan ikan terkonsentrasi di Selat Bali bagian timur, tidak jauh dari Kedonganan. Sebaliknya pada musim timur (April-Juli) daerah penangkapan ikan berada di perairan selatan Alas Purwo, Banyuwangi (Gambar 2).



Gambar 2. Lokasi Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Kedonganan dan daerah penangkapan ikan dengan jaring insang di perairan selatan Bali.


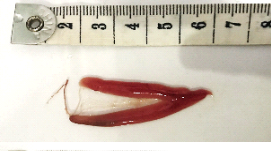



Figure 2. Location showed Fish Landing Place of Kedonganan and fishing ground of gill netter in the waters south off Bali.

Pengambilan sampel bulanan terhadap 20 ekor ikan betina dewasa (panjang cagak >15 cmFL) dilakukan selama bulan Juni-November 2021. Setiap ikan contoh dilakukan pengukuran panjang cagak (*fork-length*) dan bobot tubuh (*body-weight*). Pembedahan perut dilakukan untuk menentukan jenis kelamin serta pengamatan visual TKG. Spesimen gonad diukur beratnya dengan ketelitian 0,01 gram dan diawetkan dalam larutan formalin 10% untuk diamati secara histologis di Laboratorium Histologi Loka Riset Perikanan Tuna, Denpasar, Bali. Penghitungan fekunditas menggunakan *batch fecundity* dengan menghitung sel telur matang (*migratory nucleus* atau *hydrated*) terhadap sampel gonad betina yang memiliki tingkat perkembangan memijah (*spawning*). Subsampel gonad dengan bobot 0,1 gram diambil sebanyak tiga kali ulangan di bagian tengah dari kedua sisi gonad ditimbang dan ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik (akurasi 0,01 gram) kemudian disimpan dalam botol sampel yang berisi larutan formalin 10% (Farley & Davis, 1999; Zudaire *et al.*, 2013).

### Tingkat Kematangan Gonad

Menurut West (1990) dan Herath *et al.* (2019), secara makroskopis kematangan gonad ikan (TKG) dibedakan menjadi lima tingkatan (Tabel 1). Secara mikroskopis, TKG ikan ditentukan dengan kriteria klasifikasi perkembangan gonad betina yang mengacu pada Farley *et al.* (2013). Perkembangan itu didasarkan pada tingkat kematangan oosit (*most advanced group of oocytes*, MAGO), keberadaan folikel paska ovulasi (*postovulatory follicles*, POFs), level keberadaan alfa atresia (*atresia- $\alpha$* ) dan beta atresia (*atresia- $\beta$* ), serta ada tidaknya penanda maturitas yaitu *atresia gamma/delta* (*atresia- $\gamma$* ) yang berwarna kuning-oranye-coklat (disebut *brown/orange bodies* atau *melano-macrophage centres*) (Zischke *et al.*, 2013; Brown-Peterson *et al.*, 2011) (Tabel 2). Tingkat kematangan oosit (MAGO) dibedakan menjadi *unyielded stage* (belum berkembang); *early yielded stage* (berkembang); *advanced yielded stage* (permulaan matang); *migratory nucleus stage* (hampir matang); dan *hydrated stage* (matang/hidrasi) (Farley & Davis, 1999).

Tabel 1. Tingkat kematangan gonad secara makroskopis ikan tongkol lisong betina  
 Table 1. Macroscopic maturity stages of bullet tuna females

TKG/Maturity stage	Kriteria/Criteria	Gambar/Figure
I (immature)	Ovarium sangat tipis dan memanjang, berbentuk seperti tabung.	
II (early maturing)	Ukuran ovarium membesar tetapi sel telur belum terlihat dengan mata telanjang, berbentuk seperti tabung dan berwarna kemerahan	
III (late maturing)	Ovarium membesar, beberapa sel telur terlihat dengan mata telanjang, berbentuk seperti tabung dan berwarna kemerahan.	
IV (ripe/mature)	Ovarium sangat membesar dengan pembuluh darah terlihat di permukaan, penuh dengan sel telur yang berwarna transparan atau tembus cahaya.	
V (spent)	Ovarium menyusut karena sel telur baru saja dipijahkan, berwarna kuning kemerahan, terdapat sisa-sisa telur matang di saluran pelepasan ovarium.	

Sumber/Source : West (1990); Herath et al. (2019).

Tabel 2. Tingkat kematangan gonad secara mikroskopis ikan tongkol lisong betina  
 Table 2. Microscopic maturity stages for bullet tuna females

Kelas / Class	Status/ Status	Aktivitas/ Activity	Kematangan gonad/ Maturity	MAGO dan POF	Atresia $\alpha$ , $\beta$ dan $\gamma$
1	Belum dewasa	Tidak aktif	Belum dewasa (Immature)	Unyolked, tidak ada POFs	Atresia $\alpha$ , $\beta$ dan $\gamma$ tidak ada
2	Belum dewasa	Tidak aktif	Berkembang (Developing)	Early yolked, tidak ada POFs	Atresia $\alpha$ , $\beta$ dan $\gamma$ tidak ada
3	Dewasa	Aktif	Mampu memijah (Spawning capable)	Advanced yolked, tidak ada POFs	<50% atresia $\alpha$ , atresia $\beta$ dan atresia $\gamma$ mungkin ada
4	Dewasa	Aktif	Memijah (Spawning)	Migratory nucleus atau hydrated dan/atau POFs	<50% atresia $\alpha$ , atresia $\beta$ dan atresia $\gamma$ mungkin ada
5	Dewasa	Tidak aktif	Regressing-potentially reproductive	Advanced yolked, tidak ada POFs	$\geq$ 50% atresia $\alpha$ , atresia $\beta$ ada, atresia $\gamma$ mungkin ada
6a	Dewasa	Tidak aktif	Regressed 1	Unyolked atau early yolked, tidak ada POFs	100% atresia $\alpha$ , atresia $\beta$ dan atresia $\gamma$ mungkin ada
6b	Dewasa	Tidak aktif	Regressed 2	Unyolked atau early yolked, tidak ada POFs	Tidak ada atresia $\alpha$ , atresia $\beta$ ada, atresia $\gamma$ mungkin ada
7	Dewasa	Tidak aktif	Regenerating	Unyolked atau early yolked, tidak ada POFs	Atresia $\alpha$ dan $\beta$ tidak ada, atresia $\gamma$ ada

Sumber/Source: Farley et al. (2013).

**Preparasi Histologis**

Proses pembuatan preparat histologi gonad ikan mengacu pada Mujimin (2005) dengan beberapa modifikasi. Sampel berupa bagian tengah dari bagian (lobus) kanan maupun kiri gonad yang akan diamati dengan ketebalan masing-masing antara 2-3 mm dilakukan fiksasi dengan formalin 10%. Sesudah itu dilakukan proses pembuatan preparat sebagai berikut: (1) proses dehidrasi menggunakan alkohol dengan konsentrasi bertingkat (70%, 90% dan 96%); (2) pencucian dengan *xylol* ; (3) infiltrasi dengan parafin cair; (4) penanaman jaringan dengan parafin cair; (5) pemotongan jaringan dengan mikrotom hingga diperoleh jaringan utuh setebal 4-6 µm (sebagai preparat); (6) perwarnaan dengan *Harris Hematoxylin* dan *Eosin* (HE), dan (7) penutupan preparat dengan penutup kaca (*cover glass*) dan entellan.

**Diameter Oosit**

Pengamatan oosit dilakukan terhadap seluruh preparat histologi dengan cara mengukur diameter oosit menurut fase kembangannya, masing-masing sebanyak 5 butir oosit (Farley *et al.*, 2013). Setiap oosit dilakukan pengukuran diameter horizontal ( $D_1$ ) dan diameter vertikalnya ( $D_2$ ) sebanyak 2 kali ulangan, sehingga diperoleh nilai rata-ratanya ( $=d_n$ ) sebagai  $(D_1+D_2)/2$ . Dengan demikian diperoleh nilai rata-rata diameter oosit dari lima kali pengamatan ( $=d$ ) sebagai  $(d_1+d_2+d_3+d_4+d_5)/5$ . Nilai ini dianggap sebagai diameter yang sebenarnya (Williams, 1997).

**Analisis Data**

Kompilasi data dan analisis untuk melihat kecenderungan data dilakukan secara grafikal melalui program *Excel*. Indeks Kematangan Gonad atau *Gonado Somatic Index* (GSI) dihitung per individu terhadap ikan contoh (Effendie, 2012):

$$GSI = (Wg/Wt) \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

Wg = berat gonad segar (ovarium/testis segar, gram)

Wt = bobot tubuh ikan (gram)

Fekunditas dihitung menggunakan metode gravimetrik (Murua *et al.*, 2003; Bagenal, 1978) dengan persamaan sebagai berikut :

$$F = \frac{Wg}{Ws} \times n \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

F = fekunditas (butir)

Wg = berat gonad (gram)

Ws = berat sampel (gram)

N = jumlah telur dalam subsampel (butir)

Dugaan musim pemijahan didasarkan pada pola fluktuasi bulanan baik dari kematangan gonad makroskopis (TKG dan GSI) maupun kondisi mikroskopis seperti kelas perkembangan gonad dan MAGO (*most advanced group of oocytes*).

**HASIL DAN BAHASAN**

**Hasil**

***Distribusi Ukuran Sampel dan Rasio Jenis Kelamin***

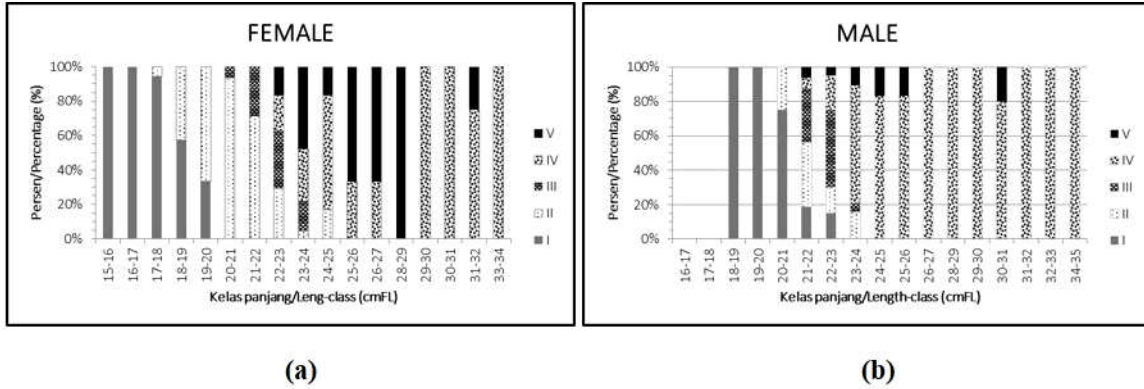
Selama enam bulan sampling (Juni-November 2021) diperoleh sampel ikan sebanyak 317 ekor, terdiri dari kelamin betina 151 ekor (47%) dan jantan 95 ekor (30%) dan sisanya merupakan ikan-ikan muda yang belum dapat dibedakan jenis kelaminnya. Sebaran panjang cagak berkisar antara 15-35 cm yang didominasi oleh ukuran antara 22-23 cmFL, baik pada kelamin jantan maupun betina. Jumlah individu ikan betina terbanyak diperoleh pada bulan September dan ukuran terbesar diperoleh pada bulan Juni, Oktober dan November.

***Perkembangan Makroskopis Kematangan Gonad***

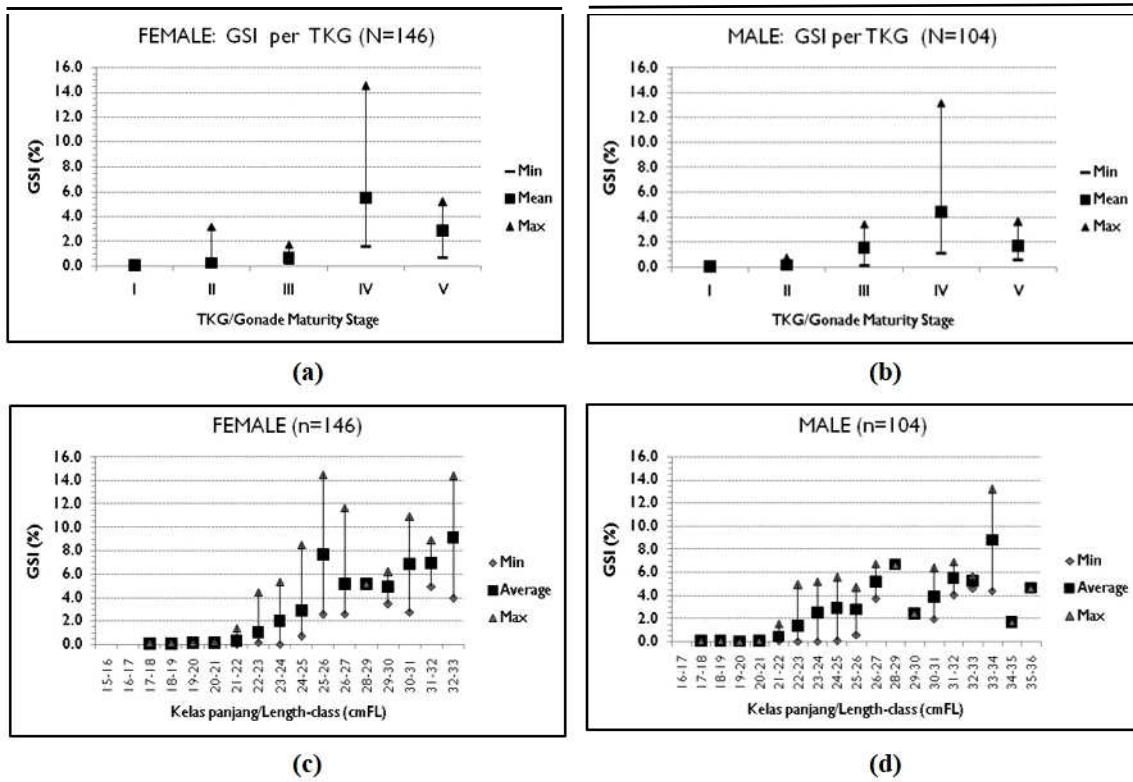
Perkembangan TKG ikan tongkol lisong secara makroskopis selama bulan Juni- November 2021 ditampilkan pada Gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan semakin panjang ukuran ikan maka kondisi gonad jantan maupun betina semakin matang, diikuti dengan peningkatan nilai TKG. Ukuran terbesar pada ikan betina terdapat pada kelas panjang 33-34 cmFL (Gambar 3a) dan pada ikan jantan pada kelas panjang 34-35 (Gambar 3b), dimana masing-masing berada pada kategori matang gonad (TKG IV).

Sejalan dengan bertambahnya ukuran gonad (ovarium/testes) menyebabkan meningkatnya nilai *gonado somatic index* (GSI) dan meningkatnya TKG. Hasil menunjukkan pada ikan betina (Gambar 4a) maupun jantan (Gambar 4b) bahwa nilai GSI sangat rendah pada ikan dengan TKG I dan II, selanjutnya GSI lebih besar dan mencapai nilai maksimum pada TKG IV, dan kemudian sangat menurun pada ikan dalam kondisi TKG V. Berdasarkan ukuran panjang ikan, GSI semakin meningkat pada ukuran 17 cm sampai 25 cm. GSI mencapai nilai maksimum pada ikan betina dengan ukuran 24-25 cm (Gambar 4c) dan pada ikan jantan dengan ukuran panjang 31-32 cm (Gambar 4d). Diduga ukuran ikan yang aktif bereproduksi di perairan selatan Bali berada di sekitar panjang cagak 24-25 cm.





Gambar 3. Komposisi TKG menurut ukuran ikan tongkol lisong di perairan selatan Bali, Juni-November 2021.  
 Figure 3. Composition of maturity stages by length-class for bullet tuna in the southern waters off Bali, June-November 2021.



Gambar 4. Perkembangan nilai GSI (%) menurut tingkat kematangan gonad (TKG) (atas) dan kelas panjang cagak (bawah) ikan tongkol lisong di perairan selatan Bali, Juni-November 2021.  
 Figure 4. GSI (%) development for bullet tuna by maturity stage (upper), and class fork-length (lower) in the southern waters off Bali, June-November 2021.

**Perkembangan Mikroskopis Kematangan Gonad**

Berdasarkan jumlah tiap fase oosit yang terbaca pada tiap TKG secara mikroskopis ikan betina kondisi TKG I memiliki oosit dengan fase *unyolked* yang jumlahnya sekitar 8% dari total sampel; TKG II memiliki oosit dengan fase *unyolked* dan *early yolked* yang jumlahnya sekitar 21% dari total sampel. Kedua tingkat kematangan makroskopis tersebut merupakan ikan-ikan betina *immature* dan belum berkembang (tidak aktif). Ikan dengan kondisi TKG III memiliki beberapa fase perkembangan

oosit, yaitu fase *unyolked* dan *early yolked*, *advance yolked* dan *migratory nucleus* sebanyak 10,87%; teridentifikasi juga keberadaan *atresia-â* dan *atresia-â* serta *brown-bodies*. Hal tersebut menunjukkan adanya perkembangan yang terjadi pada gonad karena memiliki ciri-ciri kemampuan untuk berpijah.

Karakteristik histologi tiap tingkat kematangan gonad (makroskopis) disajikan pada Tabel 3. Hasil menunjukkan bahwa ikan dengan kondisi TKG IV memiliki semua fase oosit antara lain oosit *unyolked* dan *early yolked*, *advance*

*yolked*, *migratory nucleus* dan *hydrated oocyte* sebanyak 34,42% dan bersifat aktif memijah (*spawning*). Keberadaan POF, atresia- $\acute{a}$ , *atresia- $\hat{a}$*  serta *brown-bodies* di dalam jaringan menegaskan ikan dengan kondisi TKG IV bersifat aktif memijah. Ikan dengan kondisi TKG V (*spent*) yaitu oosit *unyolked*, *early yolked*, *advance yolked*, *migratory nucleus* dan *hydrated* sebanyak 25,72%; jumlah sampel dengan kondisi oosit demikian sekitar 60% dari total sampel. POFs yang berupa *atresia- $\acute{a}$* , *atresia- $\hat{a}$*  serta *brown-bodies* juga terlihat dalam irisan histologis (Tabel 3a). Selain itu hasil penelitian juga menunjukkan bahwa

setiap tingkat kematangan gonad (makroskopis) ternyata memiliki beberapa tingkat perkembangan gonad (mikroskopis) (Tabel 3b).

Tersaji pada Gambar 5 mengenai beberapa irisan histologi gonad betina yang menunjukkan fase perkembangan dan status kematangan oosit, sedangkan pada Gambar 6 diperlihatkan detil dari tiap fase/stage kematangan oosit beserta POF, *atresia- $\acute{a}$*  dan *atresia- $\hat{a}$*  sebagai penanda maturitas.

Tabel 3. Karakteristik histologi tiap tingkat kematangan gonad (makroskopis) pada tongkol lisong betina di perairan selatan Bali, Juni-November 2021.

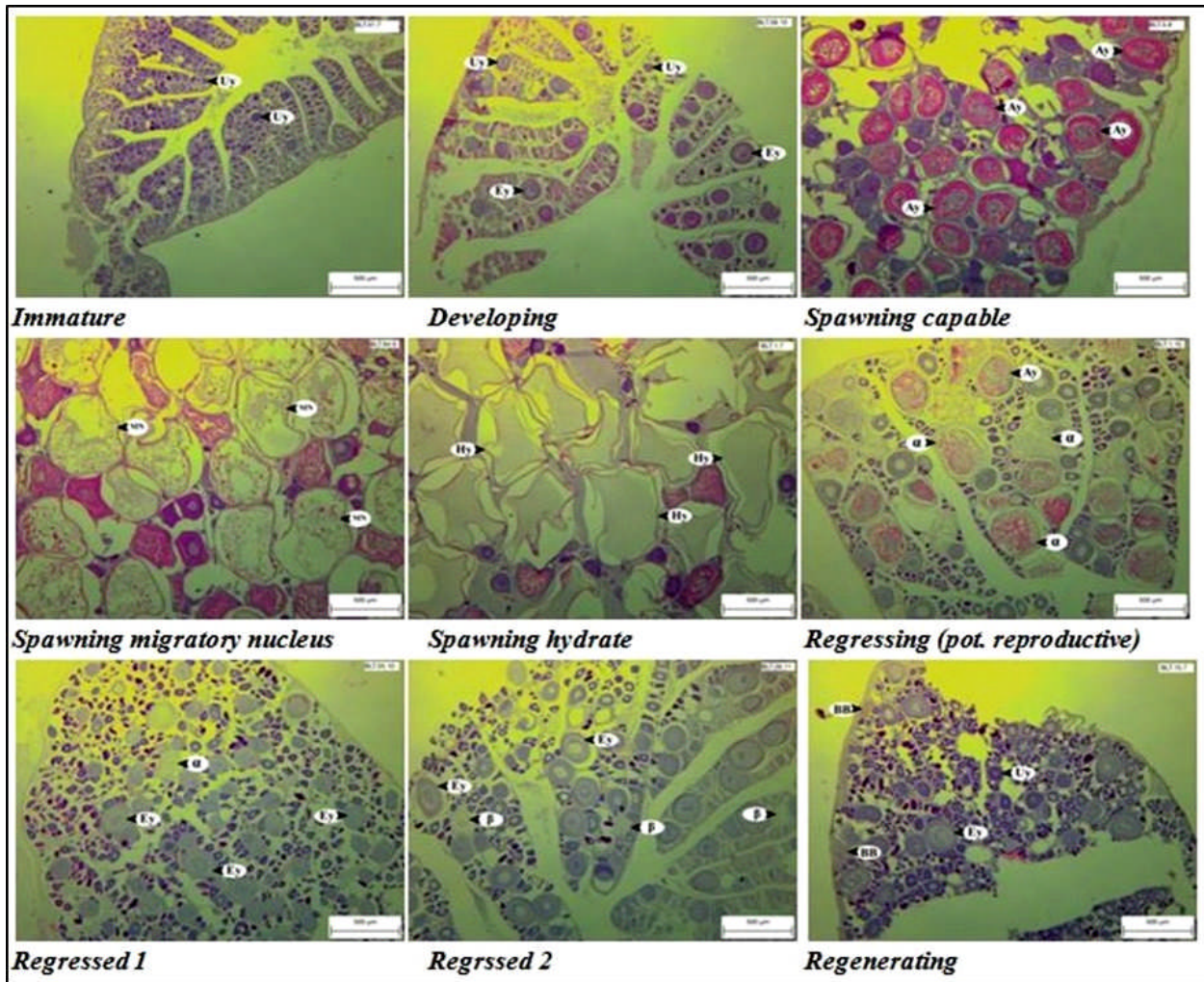
Table 3. Histology characteristic in each macroscopic maturity stages of bullet tuna females in the southern waters off Bali, June-November 2021.

a) Karakteristik tingkat kematangan gonad (makroskopis) berdasarkan komposisi tingkat kematangan oosit (MAGO) dan penanda maturitas

TKG	(Most Advanced Group of Oocytes) MAGO (%)						POF	Atresia $\alpha$	Atresia $\beta$
	Unyolked	Early yolked	Advanced yolked	Migratory nucleus	Hydrated	%			
I	8	-	-	-	-	7.98	-	-	-
II	18.1	2.9	-	-	-	21.01	-	3	3
III	6.2	2.5	1.8	0.36	-	10.87	-	2	3
IV	9.4	9.4	9.1	2.9	3.62	34.42	11	6	3
V	8.3	8.3	7.6	0.72	0.72	25.72	11	3	1
<b>Total</b>						100	22	14	10

b) Karakteristik tingkat kematangan gonad (makroskopis) berdasarkan tingkat perkembangan gonad secara mikroskopis

TKG	Development Class									n
	Imma-ture	Develo-ping	Spawnin-g capable	Spawnin-g	Regressing/Potentially Reproductiv-e	Regressed 1	Regressed 2	Regene-rating		
I	35	-	-	-	-	-	-	-	-	35
II	42	2	1	-	-	2	2	1	1	50
III	7	3	2	1	1	-	2	1	1	17
IV	-	-	-	25	1	-	-	-	-	26
V	-	-	7	14	-	-	1	1	1	23
N	84	5	10	40	2	2	5	3	3	151



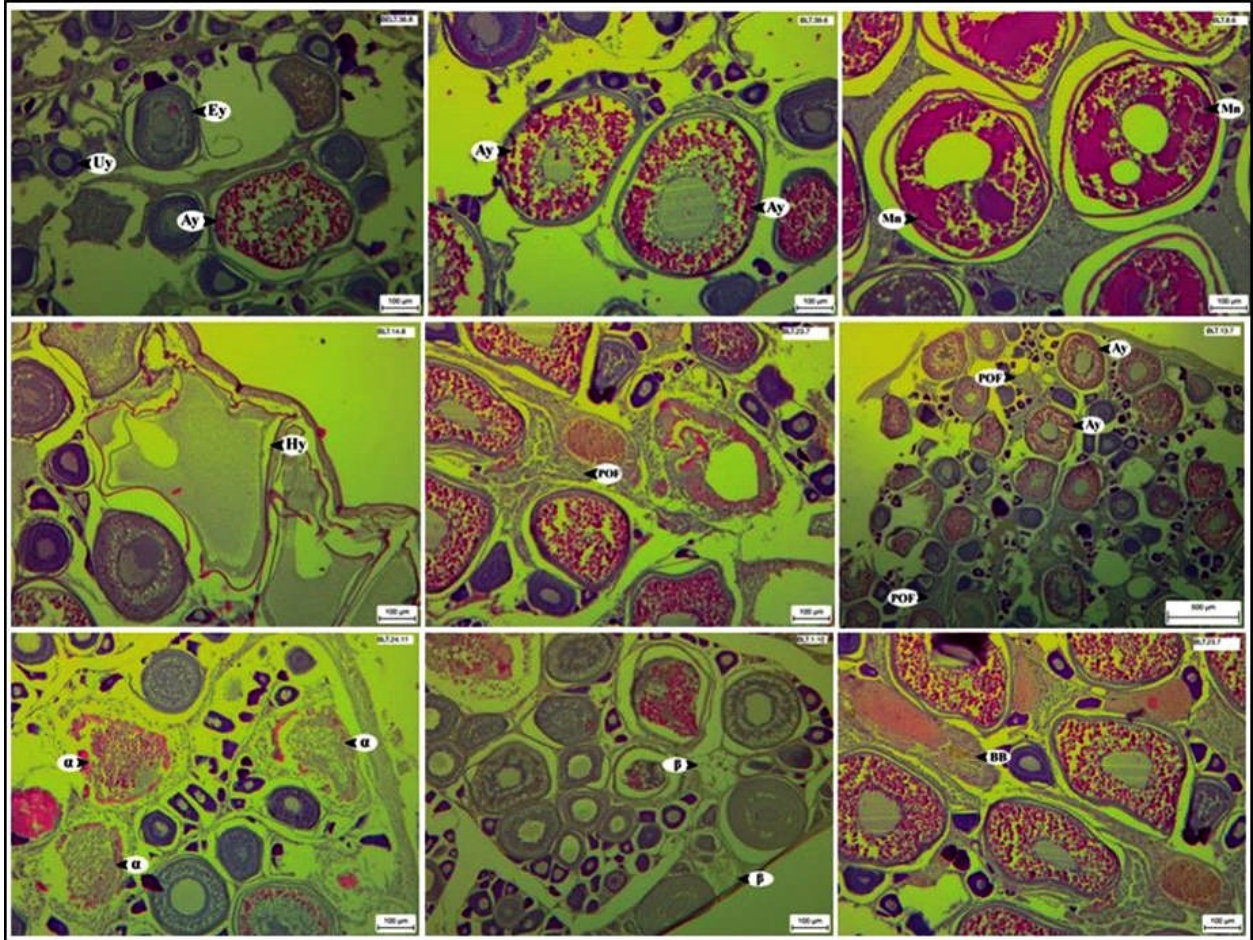
Gambar 5. Struktur histologi gonad betina ikan tongkol lisong yang menunjukkan fase perkembangan oosit (*immature*, *developing*, *spawning capable*, *spawning*, *regressing*, *regressed-1*, *regressed-2* dan *regenerating*).

Figure 5. Histological sections for bullet tuna's ovary showing development phase of oocyt (*immature*, *developing*, *spawning capable*, *spawning*, *regressing*, *regressed-1*, *regressed-2* and *regenerating*).

Kelas perkembangan gonad betina ditentukan berdasarkan *most advanced group of oocytes* (MAGO) dan *maturity markers*. Hasil preparasi histologi terhadap 151 sampel gonad tongkol lisong menunjukkan ada 8 kelas perkembangan gonad, yaitu tingkat *immature* (ikan muda/

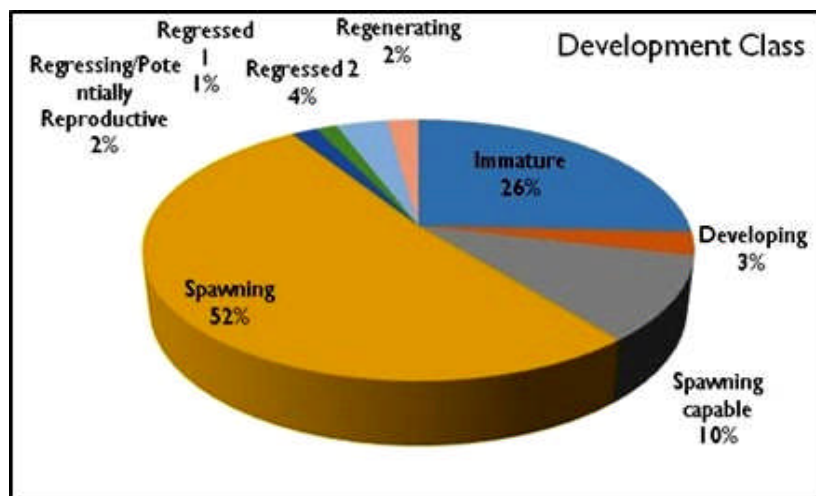
belum dewasa, 26%), *developing* (3,0%); sedangkan ikan dewasa terdiri dari *spawning capable* (10,5%), *spawning* (51,8%), *regressing-potentially reproductive* (2,0%), *regressed* (5,1%) (Gambar 7).





Gambar 6. Struktur histologi gonad ikan tongkol lisong yang menunjukkan detail oosit dan *maturity marker* sesuai kematangannya. Keterangan : (Uy) unyolked oocyte, (Ey) early yolked oocyte, (Ay) advanced yolked, (Mn) migratory nucleus, (Hy) hydrated yolked, (POF) post ovulatory follicles, (á) alpha atresia, (â) beta atresia, (BB) brown bodies.

Figure 6. Histological sections for bullet tuna's ovary showing the oocyte stage maturity. Remarks : (Uy) unyolked oocyte, (Ey) early yolked oocyte, (Ay) advanced yolked, (Mn) migratory nucleus, (Hy) hydrated yolked, (POF) post ovulatory follicles, (á) alpha atresia, (â) beta atresia, (BB) brown bodies.



Gambar 7. Perkembangan fase kematangan gonad betina ikan tongkol lisong di perairan selatan Bali, Juni-November 2021.

Figure 7. Development of female's gonad maturity phase for bullet tuna in the southern waters off Bali, June-November 2021.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa ikan tongkol lisong yang didaratkan di Kedonganan didominasi oleh ikan-ikan muda (*immature*) atau kelompok belum matang gonad dengan jumlah ikan dengan kondisi *immature* dan *developing* sekitar 29%. Pada saat itu, populasi ikan tongkol lisong di perairan selatan Bali mengindikasikan banyak yang memijah. Ikan yang didaratkan di TPI Kedonganan didominasi oleh jenis kelamin betina dalam tahap memijah (*spawning capable* dan *spawning*) dengan kontribusi 62% dari total ikan betina yang diamati.

Secara mikroskopis, tanda-tanda yang menunjukkan stadia pemijahan ditunjukkan oleh keberadaan oosit dengan *advanced yolked*, *migratory nucleus* dan

*hydrated yolked* serta gonad dalam kondisi akan memijah (*spawning capable*, *regressing*), siap memijah (*spawning*) dan paska memijah (*regressed*, keberadaan POF dan *maturity markers*).

**Diameter Oosit dan Fekunditas**

Terdapat variasi ukuran oosit terlihat pada masing-masing *most advanced group of oocytes* (MAGO) yang ditemui, dimana semakin matang oosit maka diameternya juga semakin besar. Oosit fase *unyolked* memiliki rata-rata diameter 51,00  $\mu\text{m}$ , *early yolked* 171,07  $\mu\text{m}$ , *advanced yolked* 333,82  $\mu\text{m}$ , *migratory nucleus* 493,89  $\mu\text{m}$  dan oosit *hydrated* 554,49  $\mu\text{m}$  (Tabel 4).

Tabel 4. Rata-rata diameter oosit (micron) menurut fase perkembangan oosit (*most advanced group of oocytes*, MAGO) pada gonad ikan tongkol lisong di perairan selatan Bali, Juni-November 2021.

Table 4. Average of oocyte diameter (micron) according to most advanced group of oocytes (MAGO) for bullet tuna's ovary in the southern waters off Bali, June-November 2021.

(Most Advanced Group of Oocytes ) MAGO	Min.	Maks.	Rata-rata/Average
<i>Unyolked</i>	19,42	89,59	51,00
<i>Early yolked</i>	136,02	220,65	171,07
<i>Advanced yolked</i>	274,73	409,78	333,82
<i>Migratory nucleus</i>	354,36	671,87	492,89
<i>Hydrated</i>	335,83	675,25	554,49

**Dugaan pemijahan**

Pengamatan terhadap 151 ekor ikan betina yang didaratkan didominasi oleh ikan muda yang belum berkembang. Secara makroskopis, diperoleh gonad dengan kondisi TKG I dan TKG II sebesar 58%, kondisi TKG III sebesar 11%, TKG IV sebesar 17% dan TKG V sebesar 15%. Pengamatan gonad ikan secara histologis diperoleh hasil ikan dalam kondisi belum dewasa (*immature* dan

*developing*) sebesar 59%, diikuti oleh ikan mampu memijah dan aktif memijah (*spawning capable* dan *spawning*) sebesar 34% dan ikan dalam proses paska memijah (*regressing-potentially reproductive*, *regressed 1*, *regressed 2* dan *regenerating*) sebesar 6%. Rincian hasil pengamatan kematangan gonad secara makroskopis dan mikroskopis menurut kelas perkembangan dan fase kematangan oosit/*most advanced group of oocytes* (MAGO) dijelaskan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan kondisi kematangan gonad secara makroskopis dan mikroskopis ikan tongkol lisong di perairan selatan Bali, Juni-November 2021

Table 5. Comparison of macroscopical and microscopical gonad maturity of bullet tuna in the southern waters off Bali, June-November 2021

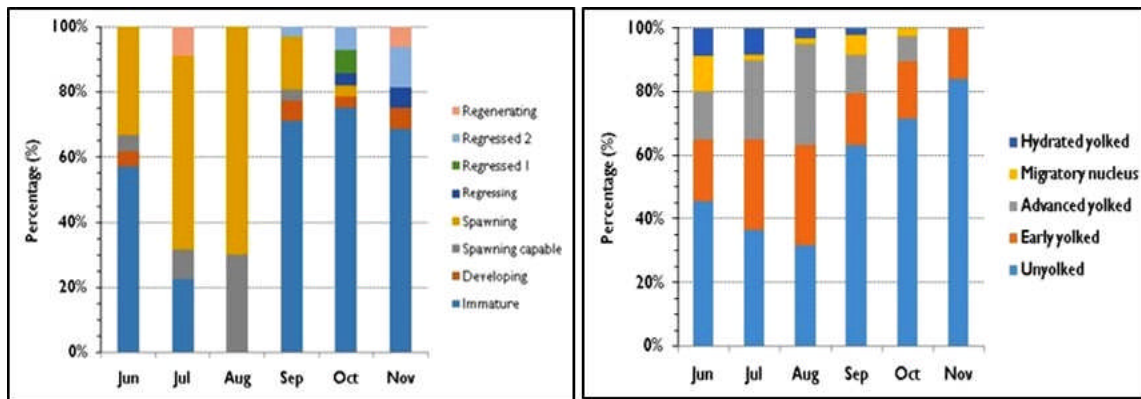
Maturity	Makroskopis		Mikroskopis	
	TKG/Maturity stage	%	TKG/Maturity stage	%
<i>Immature</i>	I	23	<i>Immature</i>	56
	II	33	<i>Developing</i>	3
<i>Mature</i>	III	11	<i>Spawning capable</i>	7
	IV	17	<i>Spawning</i>	26
	V	15	<i>Regressing/ Potentially Reproductive</i>	1
			<i>Regressed 1</i>	1
			<i>Regressed 2</i>	3
		<i>Regenerating</i>	2	
	Jumlah	151	Jumlah	151

Perkembangan musiman dari fase kematangan gonad dan komposisi kematangan oosit (MAGO) pada bulan Juni - November 2021 dijelaskan pada Gambar 8a. Ikan-ikan betina belum matang (*immature*) dominan pada bulan Juni, September sampai November. Teridentifikasi terjadi pemijahan pada fase *spawning* sebanyak 33% dari populasi ikan betina dewasa pada bulan Juni dan semakin banyak jumlahnya pada bulan Juli-Agustus, masing-masing sebanyak 59% dan 70% dari total ikan betina yang diamati.

Setelah itu prosentasenya mengalami penurunan pada bulan September (16%) dan Oktober (4%), disertai dengan jumlah ikan yang memijah relatif kecil pada bulan ini. Teridentifikasi gonad ikan betina dalam fase paska memijah (*regressing-potentially reproductive*, *regressed-1*, *regressed-2* dan *regenerating phase*) antara bulan

September-November. Ikan betina pada fase *spawning capable* (memiliki kemampuan memijah) juga teridentifikasi pada bulan Juli (9%) dan Agustus (30%) sebagaimana dijelaskan pada Gambar 8b.

Oosit pada matang gonad fase *unyielded* dan *early yielded* ditunjukkan terjadi pada setiap bulannya. Pada bulan Juni terdapat kontribusi sebesar 62%, September sebesar 81% dan November sebesar 93% dari total ikan yang diamati. Oosit dengan fase *migratory* dan *hydrated* teridentifikasi selama Juni-Oktober dengan proporsi yang cenderung menurun, masing-masing sebesar 33% (Juni), 27% (Juli), 10% (Agustus), 12% (September) dan 4% (Oktober). Selanjutnya, oosit fase *advanced yielded* pada bulan Juli sebesar 41% dan Agustus sebesar 90%. Hasil ini mengindikasikan terdapat stok pemijah pada musim berikutnya.



Gambar 8. Perkembangan fase kematangan gonad (a) dan komposisi kematangan oosit (MAGO) (b) ikan tongkol lisong di perairan selatan Bali, Juni-November 2021.

Figure 8. Development of maturity phase (a) and composition of oocytes maturity (MAGO) (b) for bullet tuna in the southern waters off Bali, June-November 2021.

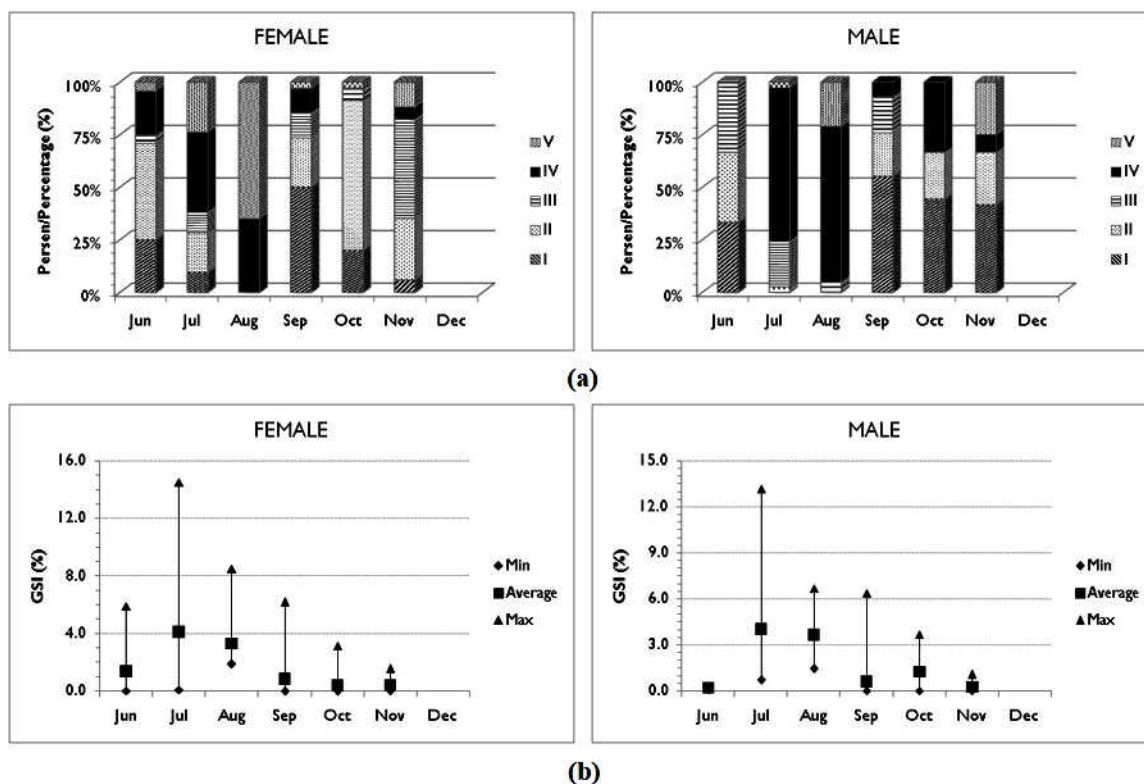
Pengamatan selanjutnya menunjukkan penurunan nilai GSI yang mengindikasikan musim pemijahan pada bulan Juli makin menurun sampai November (Gambar 9b). Kondisi TKG IV pada bulan Juni sampai September juga cenderung menurun diikuti dengan TKG V yang mulai muncul antara September-November (Gambar 9a).

Selain itu, pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis menunjukkan musim pemijahan telah berlangsung pada bulan Juni dan mencapai puncaknya pada awal Juli nampak bahwa pada bulan Juni sebenarnya telah berlangsung pemijahan dan proporsi pemijahan semakin besar (puncak) pada bulan Juli-Agustus secara

makroskopis ditandai oleh penurunan nilai GSI pada bulan Juli-Agustus dst.

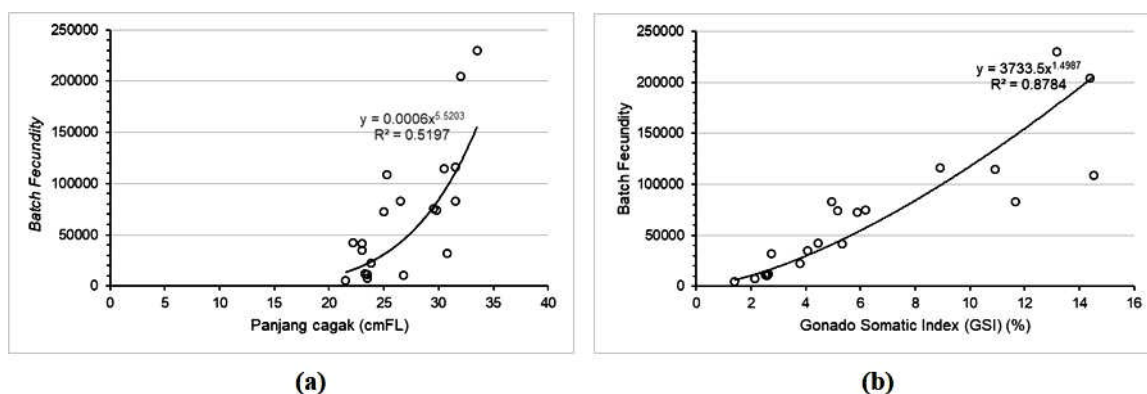
Data fekunditas diperoleh dari ikan betina dewasa dengan panjang cagak 21,5 cm sampai 33,5 cm (n=18), dengan nilai GSI antara 1,2% sampai 14,4% (n=20). Berdasarkan ukuran ikan, fekunditas berkisar antara 5.062-229.707 butir (dengan rata-rata 81.351 butir). Hasil analisis dari hubungan antara fekunditas dengan panjang cagak (Gambar 10a) dan fekunditas dengan GSI (Gambar 10b) memiliki korelasi yang kuat karena memiliki nilai *multiple R* di atas 0,60.





Gambar 9. Fluktuasi komposisi TKG (makroskopis) (a) dan Indeks Kematangan Gonad (IKG) (b) ikan tongkol lisong di perairan selatan Bali. Juni-November 2021.

Figure 9. Fluctuation of maturity stage composition (macroscopical) (a) and Gonado Somatic Index (GSI) (b) for bullet tuna in the southern waters off Bali, June-November 2021.



Gambar 10. Fekunditas tongkol lisong menurut panjang cagak (a) dan GSI (b) di perairan selatan Bali. Juni-November 2021.

Figure 10. Fecundity for bullet tuna by fork-length (a) and GSI (b) in the southern waters off Bali, June-November 2021.

## Bahasan

### Sebaran Ukuran Ikan

Sebaran panjang ikan tongkol lisong yang diperoleh pada penelitian ini berkisar antara 15-36 cmFL (n=317)

dengan ukuran rata-rata 21,9 cmFL. Sebaran nilai ini dianggap cukup representatif karena memiliki ukuran panjang yang bervariasi. Beberapa peneliti menunjukkan variasi rentang ukuran ikan tongkol lisong yang berbeda menurut lokasi penelitiannya (Tabel 6).



Tabel 6. Sebaran panjang ikan tongkol lisong di beberapa lokasi penelitian.  
 Table 6. Length distribution for bullet tuna in several research locations.

Lokasi penelitian/Location	Kisaran panjang /Length range	Sumber/Source
PPI Kedonganan, Kabupaten Badung	16,5-35,3 cm	Suryati (2017)
Cilacap	20-45 cm	Widodo <i>et al.</i> (2011)
Samudera Hindia selatan Jawa	23-32 cm	Setyadji <i>et al.</i> (2013)
Palabuhan Ratu	25-37 cmTL	Febrianty <i>et al.</i> (2014)
Laut Banda	18,5-32,7 cmFL	Amri <i>et al.</i> (2019)
Perairan Mejane	16,20 – 29,80 cm	Dahlan <i>et al.</i> (2019)
Perairan selatan Sumbawa	21,0-29,2 cmFL	Asrial <i>et al.</i> (2020)
PPI Labuan Bajo, Kabupaten Donggala	14-29 cmFL	Hasanah <i>et al.</i> (2019)
Samudera Hindia, barat Sumatra	11-42 cmFL	Noegroho <i>et al.</i> (2013); Noegroho & Chodrijah (2015)
Perairan selatan Bali	15,5-35 cmFL	Penelitian ini ( <i>this study</i> )

Hasil pengamatan diperoleh hasil ikan berukuran kecil atau ikan muda dalam jumlah banyak dan dalam kondisi belum matang gonad. Hal ini diduga bahwa populasi tongkol lisong di alam didominasi oleh ikan-ikan muda yang belum matang akibat dari penangkapan berlebih yang tidak selektif dan kurangnya kebijakan pengelolaan serta konservasi sumber daya ikan sehingga ikan yang tertangkap didominasi oleh individu kecil. Menurut Jacobsen *et al.* (2014), upaya penangkapan ikan yang selektif akan menghasilkan proporsi individu ukuran besar yang lebih banyak. Oleh karena itu sebaiknya penangkapan ikan yang seimbang dan selektif perlu dilakukan agar ikan berukuran lebih besar dan sudah matang lebih banyak tertangkap, sehingga kajian mengenai biologi reproduksi semakin luas.

Hasil yang sama juga ditemukan pada populasi ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) di Selat Bali (Merta, 1992; Wudianto *et al.*, 2002; Wudianto & Wujdi, 2014), beberapa species ikan pelagis kecil di Laut Jawa (Suwarso & Hariati, 2002) dan Laut Cina Selatan (Hariati *et al.* 2006), ikan layang (*Decapterus russelli*), banyar (*Rastrelliger kanagurta*) di Selat Malaka dan barat Sumatera (Hariati, 2005) dan ikan cakalang di perairan Teluk Bone Sulawesi Selatan (Mallawa *et al.*, 2017).

### Perkembangan Kematangan Makroskopis Dan Mikroskopis

Seperti halnya tuna, cakalang dan jenis-jenis neritik tuna lainnya, tongkol lisong sebagai spesies pelagis oseanik yang hidup bergerombol (*schooling*) serta bermigrasi (Allaya *et al.*, 2016) memiliki tipe pemijahan *asynchronous* atau *multiple spawners*, yang melakukan beberapa tahap pemijahan pada setiap musim (Niiya, 2001). Seiring dengan pertumbuhan somatik (badan) pada ikan maka terjadi juga perkembangan reproduksinya; ukuran tubuh (panjang dan berat) makin bertambah maka gonad juga mengalami perkembangan ukuran, kematangan oosit serta kelas perkembangannya. Gambaran perkembangan kematangan ikan secara makroskopis seiring dengan

ukuran rata-ratanya terlihat pada Gambar 3; ukuran rata-rata pada ikan betina TKG I: 18 cm, TKG II: 21,1 cm, TKG III: 22,3 cm, TKG IV: 26,3 cm dan TKG V: 25,7 cm. Berdasarkan data tersebut ukuran reproduktif aktif jenis ini diperkirakan di sekitar panjang cagak 24-26 cm. Dugaan ukuran reproduktif aktif sebesar 24-26 cmFL ini didasarkan pada sebaran nilai GSI menurut ukuran ikan, pada ukuran antara 24-26 memiliki nilai GSI maksimum karena berat gonad juga mencapai maksimum akibat perkembangan oosit didalamnya. GSI maksimum umumnya dijumpai pada kelompok ikan dari TKG IV dimana secara mikroskopis oosit telah mencapai fase perkembangan *migratory nucleus* dan kelas perkembangan siap memijah/*spawning* (Tabel 1). GSI menurun pada ikan dengan TKG V, GSI menurun karena ikan yang sebelumnya berada pada kondisi *spawning* telah mengeluarkan telur sehingga bobot gonad menyusut.

Di dalam irisan histologi gonad betina terlihat beberapa tipe fase kematangan oosit yang berbeda dalam tiap gonad, hal yang memperlihatkan perkembangan oosit yang tidak seragam atau *asynchronous*, serta pemijahan bersifat *multiple spawner* (melakukan beberapa tahap pemijahan pada setiap musim). Kondisi histologi/mikroskopis MAGO di antara TKG menunjukkan bahwa pada gonad TKG I memiliki oosit yang seluruhnya dalam fase *unyielded* (8%). Perbedaan mulai terlihat dalam gonad dengan TKG II dimana selain oosit dalam fase *unyielded* (18%) juga dijumpai oosit dalam fase *early yielded* (3%). Gonad dengan TKG III memiliki oosit fase *unyielded* dan *early yielded* (8,7%), oosit *advance yielded* dan *migratory nucleus* sebesar 2,2% (Tabel 1). Tingkat kematangan TKG IV dan V masing-masing memiliki kelima fase kematangan oosit tapi dengan proporsi berbeda; pada TKG IV komposisi oosit *migratory nucleus* dan *hydrated* lebih banyak (6,5%) dibandingkan TKG V (1,44%). Keberadaan oosit dalam beberapa fase kematangan gonad yang demikian juga ditemukan pada cakalang (*Katsuwonus pelamis*) (Hartaty & Anendra, 2019; Jatmiko *et al.*, 2015) dan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) (Hartaty *et al.*, 2021).

Berdasarkan hasil pengamatan histologi (Gambar 6), diduga bahwa secara umum populasi tongkol lisong yang tertangkap perikanan tradisional dan didaratkan di Kedonganan sebagian besar terdiri dari ikan-ikan muda (*immature*) atau belum matang. Namun demikian, populasi tongkol lisong pada penelitian ini diduga melakukan memijahan di perairan selatan Bali yang ditunjukkan dari populasi ikan yang dieksploitasi oleh perikanan tradisional maka jumlah ikan-ikan betina yang melakukan memijahan dan memiliki kemampuan berpijah (*spawning capable* dan *spawning*) diduga sekitar 62% dari populasi ikan betina. Secara mikroskopis tanda yang menunjukkan memijahan selain kematangan gonad kondisi akan (*spawning capable, regressing*), siap (*spawning*) dan paska memijah (*regressed*) juga ditegaskan oleh keberadaan POF dan *maturity markers*.

### Diameter Oosit Dan Fekunditas

Diameter oosit tumbuh semakin besar seiring dengan berkembangnya tingkat kematangannya MAGO. Oosit yang dijumpai pada ikan betina dewasa antara lain *advanced yolked*, *migratory nucleus* dan *hydrated yolked* oocytes dengan diameter antara 281-675  $\mu\text{m}$ . Oosit *advanced yolked* dalam kelas perkembangan *spawning capable* diduga merupakan oosit cadangan yang akan dipijahkan berikutnya dalam musim yang sama serta mencirikan tipe memijahan *asynchronous* atau *multiple spawners*. Oosit yang diduga dipijahkan berasal dari kelas perkembangan *spawning* yang memiliki oosit dalam fase *advanced yolked*, dan/atau *migratory nucleus* dan/atau *hydrated yolked* oocytes sebagai pendukung fekunditas.

### Dugaan Pemijahan

Berdasarkan fluktuasi hubungan antara TKG dan GSI setiap bulannya selama penelitian, dugaan pemijahan terlihat pada bulan Juni-Agustus dan berlangsung hingga November (Gambar 9). Kelas perkembangan *spawning* dengan oosit fase *migratory nucleus* dan *hydrated yolked* telah ada pada bulan Juni dan semakin banyak (puncak) pada bulan Juli-Agustus (musim timur), kemudian menurun pada bulan September-Oktober. Berdasarkan hal tersebut, puncak pemijahan tongkol lisong diduga berlangsung pada bulan Juli-Agustus. Hasil wawancara dengan nelayan menyebutkan bahwa dugaan daerah pemijahan tongkol lisong pada musim timur dimungkinkan berada di perairan selatan Selat Bali, antara perairan selatan Bali hingga sekitar Alas Purwo. Hal tersebut kemungkinan terkait dengan terjadinya *thermal front* (daerah pertemuan dua massa air yang berbeda suhu) musim barat di selatan Selat Bali (Nugroho *et al.*, 2019). Didasarkan pada pola rekrutmen setelah pemijahan di perairan selatan Sumbawa Asrial *et al.* (2020) menduga musim pemijahan ikan ini sepanjang tahun. Hasil serupa juga terjadi pada cakalang (*K. pelamis*) di selatan Bali, hasil penelitian histologi gonad

menunjukkan pemijahan berlangsung setiap bulan sampling (April-September), dan pada bulan Juli dan September jumlahnya lebih banyak (Hartaty & Arnenda, 2019).

Hasil analisis dari hubungan antara fekunditas dengan panjang cagak (Gambar 10a) dan fekunditas dengan GSI (Gambar 10b) diduga bahwa panjang cagak ikan tongkol lisong dan nilai GSI berpengaruh terhadap nilai fekunditas. Hubungan antara fekunditas dengan ukuran panjang dan GSI adalah linier, jika fekunditas semakin besar, maka ukuran ikan tongkol lisong dan nilai GSI juga akan semakin besar. Hal yang sama juga terjadi pada penelitian dari Shinkafi dan Ipinjolu (2012) yang menyebutkan bahwa GSI memiliki korelasi yang signifikan terhadap ukuran panjang, kematangan gonad dan bobot tubuh ikan betina. Namun hal ini tidak terjadi pada ikan jantan, diduga karena ikan betina memiliki energi yang lebih besar untuk proses perkembangan serta pematangan gonad dan berat gonad ikan jantan tidak seberat gonad ikan betina.

### KESIMPULAN

Tongkol lisong (*Auxis rochei*) betina di perairan selatan Bali memiliki tipe pemijahan ganda (*multiple spawner*) dengan perkembangan oosit yang tidak seragam (*asynchronous*), ditandai oleh keberadaan beberapa tingkat kematangan oosit dalam satu ovarium. Pengamatan secara makroskopis diperoleh tongkol lisong betina berpijah sejak bulan Juli yang dicirikan oleh penurunan nilai GSI. Pada saat itu, ikan yang matang gonad (TKG IV dan TKG V) kontribusinya sebesar 32% dari total ikan betina yang diamati. Pengamatan secara mikroskopis (histologis) juga menunjukkan adanya pemijahan yang dicirikan oleh munculnya fase-fase *spawning*, *migratory nucleus* dan *hydrated* berlangsung antara bulan Juni-Oktober dan puncaknya pada bulan Juli-Agustus dengan kontribusi 52% dari total ikan betina yang diamati. Nilai fekunditas ikan (jumlah telur matang yang dikeluarkan pada saat memijah) yang ditandai oleh adanya fase oosit *migratory nucleus* dan *hydrated* berkisar antara 5.062-229.707 butir telur/ekor atau rata-rata 81.351 butir/ekor.

### PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Ririk Kartika Sulistyaningsih, S.Pi, M.App. Sc., Hety Hartaty, S.Pi., M.Si., Bram Setyadji, S.Kel. M.Si. dan Gussasta Levi Arnenda, S.ST.Pi, M.Si. yang telah membimbing dalam pengamatan di Laboratorium biologi Loka Riset Perikanan Tuna (LRPT) Denpasar, meliputi pembuatan preparat histologi gonad dan analisis hasil preparasi, serta Drs. Suwarso, M.Si. di Balai Penelitian Perikanan Laut Jakarta. Ketiga penulis merupakan kontributor utama dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Allaya, H., Faleh, A.B., Zrelli, S., Hajje, G., Hattour, A., Quignard, J., & Trabelsi, M. (2016). Morphological Variation of Bullet Tuna *Auxis rochei* (Risso, 1810) from Tunisian Waters. *Acta Zoologica Bulgarica*, 68(3): 433-442.
- Amri, K., Novalina, A., & Setyadji, B. (2019). Some Biological Stock Indicators of Bullet Tuna (*Auxis rochei*, Risso 1810) from Banda Sea and Its Adjacent Waters. *Indonesian Fisheries Research Journal*. 25(2), 103-112. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/ifi.25.2.2019.103-112>
- Asrial, E., Rosadi, E., & Fathurriadi. (2020). Pemanfaatan, Pertumbuhan, dan Populasi Tongkol Lisong (*Auxis rochei* (Risso, 1810)) di Samudra Hindia Selatan Sumbawa. *Indonesian Journal of Aquaculture and Fisheries*. 2(1), 19-28.
- Bagenal, T.B. (1978). *Ecology of Freshwater Fish Reproduction: Aspects of Fish Fecundity*. S. D. Gerking (ed.) Third Edition. FBA, Windermere Lab., Ambleside, UK. p. 75-101.
- Brown-Peterson, N.J., Wyanski, D.M., Saborido-Rey F., Macewicz B.J., & Lowerre-Barbieri S.K. (2011). A Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*. 3, 52-70. <https://doi.org/10.1080/19425120.2011.555724>
- Collette, B.B. (2001). Family SCOMBRIDAE. In: Carpenter, K.E. & V.H. Niem (Eds.). *FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes: The Living Marine Resources of the Western Central Pacific*. FAO, Rome.
- Dahlan, M.A., Yunus, B., Umar, M.U., & Nur, M. (2019). Musim Pemijahan Ikan Tongkol Lisong (*Auxis rochei* Risso, 1810) di Perairan Majene Sulawesi Barat (*Prosiding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan*). Makassar, Indonesia: Hasanuddin University.
- DJPT. (2013). *Statistik Perikanan Tangkap di Laut Menurut WPPN-RI 2005-2012 Vol. II No. 2*. Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap-Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Effendie, M.I. (2012). *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara, Yogyakarta.
- Farley, J.H., & Davis, T. (1999). Southern Bluefin Tuna: Quantifying Reproductive Status from Histological Sections and Estimating Batch Fecundity. CSIRO, *Marine Research*. 18 pp.
- Farley, J.H., Williams, A.J., Hoyle, H.D., Davies, C.R., & Nicol, S.J. (2013). Reproductive Dynamics and Potential Annual Fecundity of South Pacific Albacore Tuna (*Thunnus alalunga*). CSIRO, *Marine Research*. 18 pp.
- Febrianty, E., Amri, K., & Restiangsih, R.H. (2014). Aspek Biologi Tongkol lisong (*Auxis rochei*) di Pelabuhanratu dan sekitarnya. In: *Anthology Book: Utilization Status of Fisheries Resources in Indian Ocean (FMA 572, 573) and Pacific Ocean waters (FMA717)*. Ref Grafika. Jakarta. p. 311-321.
- Fishes of Australia. (2021). *Bullet Tuna, Auxis rochei* (Risso, 1810). Available from: URL: <https://fishesofaustralia.net.au/home/species/717>.
- Hariati, T. (2005). Perkembangan Pemanfaatan Ikan Pelagis Kecil Menggunakan Pukat Cincin Sibolga di Perairan Barat Sumatra pada tahun 2003. *JPPI Edisi Sumber Daya dan Penangkapan*. 11(2), 57-67. <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.11.2.2005.57-67>
- Hariati, T., Taufik, M., & Zamroni, A. (2005). Beberapa Aspek Reproduksi Ikan Layang (*Decapterus russelli*) dan Ikan Banyar (*Rastrelliger kanagurta*) di Perairan Selat Malaka Indonesia. *JPPI Edisi Sumber Daya dan Penangkapan*. 11(2), 47-56. <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.11.2.2005.47-56>
- Hartaty, H., Setyadji, B., Wujdi, A., & Sulistyaningsih, R.K. (2021). The reproductive potential of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares* Bonnaterre, 1788) Caught in the Eastern Part of Indian Ocean. *E3S Web of Conferences* 322, 01014. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132201014>.
- Hartaty, H., & Arnenda, G.L. (2019). Penentuan Ukuran Pertama Kali Matang Gonad (Lm) Cakalang (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) di Samudra Hindia Selatan Bali. *J. Lit. Perikan. Ind.* 25(2): 135-145. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.25.2.2019.135-145>.
- Hasanah, N., Restiangsih, Y.H., & Nurdin, M.S. (2019). Nisbah Kelamin dan Ukuran Pertama Kali Matang Gonad Ikan Tongkol Lisong (*Auxis rochei*) yang Didaratkan di PPI Labuan Bajo, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah. *Jur. Ilmiah Samudra Akuatika*, 3(1): 1-5. <http://ejournalunsam.id/index.php/jisa>.
- Herath, D.R., Perera, H.A.C.C., & Hettiarachchi. (2019). Some Biological Aspects and Molecular Variations in Frigate Tuna, *Auxis thazard* of the Coastal Waters Around Sri Lanka. *Journal of the National Science*

- Foundation of Sri Lanka*. 47(3), 333-340. <http://dx.doi.org/10.4038/jnsfsr.v47i3.9427>
- IUCN. (2010). *Bullet Tuna*, available from URL: <https://www.iucnredlist.org/species/170355/6765188>.
- Jacobsen, N.S., Gislason, H., & Andersen, K.H. (2014). The consequences of balanced harvesting of fish communities. *Proceeding Biological Sciences*, 281: 20132701.
- Jatmiko, I., Hartaty, H., & Bahtiar, A. (2015). Biologi reproduksi ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Samudera Hindia bagian timur. *BAWAL*. 7(2), 87-94. <http://dx.doi.org/10.15578/bawal.7.2.2015.87-94>
- KEPMEN-KP No.107 Tahun 2015 Tentang Rencana Pengelolaan Perikanan Tuna, Cakalang dan Tongkol.
- Mallawa, A., Amir, F., & Sitepu, F.G. (2017). Kajian Kondisi Stok Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Perairan Teluk Bone Sulawesi Selatan. *Jurnal IPTEKS PSP*. 4 (7), 1 – 17. <https://doi.org/10.20956/jipsp.v4i7.3113>
- Merta, I.G.S. (1992). Dinamika Populasi Ikan Lemuru, *Sardinella lemuru*, Bleeker 1853 (Pisces: Clupeidae) di Perairan Selat Bali dan Alternatif Pengelolaannya. *Disertasi*, IPB.
- Mujimin. (2005). Teknik Pembuatan Preparat Histologi Gonad. *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*. 4, 13-17. <http://dx.doi.org/10.15578/blta.4.2.2005.13-17>
- Murua, H., Kraus, G., Saborido-Rey, F., Thorsen, A., & Junquera, S. (2003). Procedure to Estimate Fecundity of Marine Fish Species in Relation to their Reproductive Strategy. *Journal of Northwest Atlantic Fisheries Sciences*. 33, 33-54. <https://doi.org/10.2960/J.v33.a3>
- Niiya, Y. (2001). Age, Growth, Maturation and Life of Bullet Tuna, *Auxis rochei*, in the Pacific Waters Off Kochi Prefecture. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 67(3), 429-437. DOI:10.2331/suisan.67.429
- Noegroho, T., Hidayat, T., & Amri, K. (2013). Some Biological Aspect of Frigate Tuna (*Auxis thazard*), Bullet Tuna (*Auxis rochei*) and Kawa-Kawa (*Euthynnus affinis*) in West Coast Sumatera FMA 572, Eastern Indian Ocean. *IOTC Third Working Party on Neritic Tuna, IOTC-WNPTO* (19), 1–13.
- Noegroho, T., & Chodrijah, U. (2015). Parameter Populasi dan Pola Rekrutmen Ikan Tongkol Lisong (*Auxis rochei* Risso, 1810) di Perairan Barat Sumatera. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*. 7(3), 129-136. <http://dx.doi.org/10.15578/bawal.7.3.2015.129-136>
- Setyadji, B., Novianto, D., & Bahtiar, A. (2013). Size Structure of Bullet Tuna (*Auxis rochei*, Risso, 1810) Caught by Small Scale and Industrial Purse Seine Fisheries in Indian Ocean-South of Java Based on Trial Scientific Observer Data. *IOTC Third Working Party on Neritic Tuna*, 30, 1–10.
- Schaefer, K.M. (1998). Reproductive Biology of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) in the Eastern Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission*. 21(5), 205–221.
- Shinkafi, B.A., & Ipinjolu. (2012). Gonadosomatic Index, Fecundity and Egg Size of *Auchenoglanis occidentalis* (Cuvier and Valenciennes) in River Rima, North-Western Nigeria. *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*. 20(3), 217-224.
- Suryati, Y.H. (2017). Aspek Reproduksi Ikan Tongkol Lisong (*Auxis rochei* (Risso, 1810)) di Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Kedonganan, Kabupaten Badung, Bali. Denpasar: *Thesis*. Program Studi Magister Biologi Universitas Udayana (Abstrak).
- Suwarso & Hariati, T. (2002). Identifikasi kohor dan dugaan laju pertumbuhan ikan pelagis kecil di Laut Jawa. *JPPi Edisi Sumber Daya dan Penangkapan*. 8(4), 7-14. <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.8.4.2002.7-14>
- West, G. (1990). Methods of Assessing Ovarian Development in Fishes: A Review. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 41(1), 199-222. <https://doi.org/10.1071/MF9900199>
- Widodo, A.A., Satria, F., Sadiyah, L., & Riyanto, J. (2011). Neritic Tuna Species Caught by Drifting Gillnet in Indian Ocean based in Cilacap Indonesia. *1<sup>st</sup> Session of the Working Party on Neritic Tuna*, 22 (India: Indian Ocean Tuna Commission (IOTC), 19p.
- Williams, M.A. (1997). Quantitative Methods in Biology, in: *Practical Methods in Electron Microscopy*. Elsevier/North Holland Biomedical Press, Amsterdam and New York, p. 234.
- Wudianto & Wujdi, A. (2014). Variasi Ukuran Ikan Lemuru (*Sardinella lemuru* Bleeker, 1853) Secara Temporal dan Spasial di Perairan Selat Bali. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 20(1), 9-17. <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.20.1.2014.9-17>
- Wudianto, Merta, I.G.S., & Monintja, D.R. (2002). Ukuran Ikan Lemuru (*Sardinella lemuru* Bleeker 1853) di Perairan Selat Bali berdasarkan Waktu dan Daerah Penangkapan. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia Edisi Sumberdaya dan Penangkapan*. 8(1), 103-111. <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.8.1.2002.103-111>



- Yuliana, E., Nurhasanah, Yani, D.E., & Agustina, S. (2020). Pengelolaan Perikanan Tongkol Lisong (*Auxis rochei*) di Kawasan Konservasi Perairan Nusa Penida, Bali. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 12(3), 659-672. DOI:10.29244/jitkt.v12i3.32195
- Zudaire, I., Murua, H., Grande, M., & Bodin. (2013). Reproductive Potential of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) in the Western Indian Ocean. *Fisery Bulletin*. 111, 252-264. DOI:10.7755/FB.111.3.4
- Zischke, M.T., Farley, J.H., Griffiths, S.P., & Tibbetts, I.R. (2013). Reproductive Biology of Wahoo, *Acanthocybium solandri*, Off Eastern Australia. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 23(4), 491-506. DOI: 10.1007/s11160-013-9304-z