



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

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

**JURNAL PENELITIAN PERIKANAN INDONESIA**

Volume 25 Nomor 2 Juni 2019

p-ISSN: 0853-5884

e-ISSN: 2502-6542

Nomor Akreditasi RISTEKDIKTI: 21/E/KPT/2018



## **PENENTUAN UKURAN PERTAMA KALI MATANG GONAD (Lm) CAKALANG (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) DI SAMUDRA HINDIA SELATAN BALI**

### **SIZE AT FIRST MATURITY (Lm) OF SKIPJACK TUNA (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) IN INDIAN OCEAN SOUTHERN BALI**

**Hety Hartaty<sup>1</sup> dan Gussasta Levi Arnenda<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Loka Riset Perikanan Tuna, Jl. Mertasari No.140, Sidakarya, Denpasar, Bali 80224-Indonesia  
Teregistrasi I tanggal: 29 September 2019; Diterima setelah perbaikan tanggal: 22 Nopember 2019;  
Disetujui terbit tanggal: 27 Nopember 2019

#### **ABSTRAK**

Cakalang tergolong kelompok jenis ikan pelagis besar yang keberadaannya cukup melimpah di perairan Samudera Hindia termasuk perairan selatan Bali. Informasi biologi reproduksi sangat penting terutama untuk mengetahui kapan ikan tersebut memijah sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengelolaannya. Cakalang memijah beberapa kali (*multiple spawner*), hal ini diketahui berdasarkan tingkat perkembangan oosit yang lebih dari satu tingkatan dalam satu gonad aktif. Sampel gonad cakalang betina diperoleh dari Pangkalan Pendaratan Ikan Kedonganan, Bali. Sebanyak 106 ekor cakalang betina dengan kisaran panjang cagak 37-71 cmFL dan kisaran bobot 902-7.214 gram yang teramati. Sampel gonad dalam keadaan segar langsung difiksasi menggunakan larutan buffer-formalin 10% kemudian dianalisis secara histologis menggunakan metode parafin dan pewarnaan HE (Harris-Haemotoxilin dan Eosin). Cakalang betina yang diklasifikasikan sebagai ikan yang belum dewasa (*immature*) memiliki karakteristik oosit *unyielded* (UY) yang lebih gelap pewarnaannya, memiliki diameter <156 µm dan *Early yielded* (EY) yang memiliki diameter 114-249 µm. Cakalang dewasa (*mature*) memiliki karakteristik perkembangan ovari berupa adanya oosit pada tingkat yang lebih tinggi yaitu *advanced yielded* (AY) dengan diameter oosit berkisar antara 180-448 µm, *migratory nucleus* (MN) 239-468 µm dan *hydrated* (Hy) dimana ukuran oositnya sangat besar yaitu sekitar 459-552 µm dan berbentuk seperti noda merah muda (*pink stain*). Cakalang betina di perairan Samudera Hindia selatan Bali memiliki perkembangan oosit yang *asynchronous* (tidak seragam) yang ditandai munculnya beberapa tingkat perkembangan oosit dalam satu ovari. Ukuran panjang pertama kali matang gonad (Lm) cakalang betina yaitu 44,7 cmFL. Cakalang betina dewasa yang berstatus memijah aktif (*actively spawning*) ditemukan di setiap bulan pengamatan (April-September) dan diduga memijah sepanjang tahun.

**Kata Kunci:** Kematangan gonad; cakalang; histologi; oosit; Indian Ocean

#### **ABSTRACT**

*Skipjack tuna is classified as a large pelagic fish species and has abundant presence in the waters of the Indian Ocean including the waters of southern Bali. Information related to reproductive biology is very important especially to find out when the fish spawn so that they can be used as a basis for its management. Skipjack spawns several times (multiple spawner), this is known based on the level of oocyte development that was more than one level in one active gonad. Samples of female skipjack gonads were obtained from Kedonganan, Bali. A total of 106 female skipjack tuna with length range of 37-71 cmFL and weight range of 902-7,214 grams were observed. Gonad samples in fresh condition were immediately fixed using a 10% buffer-formalin solution then histologically analyzed using the paraffin method and HE staining (Harris-Haemotoxilin and Eosin). Female skipjack classified as immature fish has the characteristics of unyielded oocytes (UY) which are darker in coloration, have a diameter <156 im and Early yielded (EY) which has a diameter of 114-249 im. Adult skipjack (mature) has the characteristics of ovarian development in the form of oocytes at a higher level, namely advanced yielded (AY) with oocyte diameter ranging*

Korespondensi penulis:  
[hhartaty@gmail.com](mailto:hhartaty@gmail.com)

from 180-448  $\mu\text{m}$ , migratory nucleus (MN) 239-468  $\mu\text{m}$  and hydrated (Hy) where oocyte size is very large, which is around 459-552  $\mu\text{m}$  and shaped like a pink stain. Female skipjack in the waters of the Indian Ocean south of Bali has an asynchronous (non-uniform) oocyte development which is characterized by the appearance of several levels of oocyte development in one ovary. Size at first maturity (Lm) of female skipjack in Indian Ocean southern Bali was 44.7 cmFL. Adult skipjack females with active spawning status are found every month of observation (April-September) and suspected to spawn throughout the year.

**Keywords: Gonad maturation; skipjack tuna; histology; oocytes; Indian Ocean**

## PENDAHULUAN

Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) merupakan jenis hasil tangkapan penting di perairan Samudera Hindia karena banyak tertangkap dan dapat memenuhi kebutuhan domestik maupun untuk diekspor. Spesies ini memiliki tingkah laku peruaya jauh dan penyebaran yang sangat luas meliputi perairan tropis dan subtropis (Collette & Nauen, 1983). Cakalang merupakan spesies yang mampu memijah beberapa kali (*multiple spawner*) selama satu musim, hal ini diketahui berdasarkan tingkat perkembangan oosit yang lebih dari satu tingkatan dalam satu gonad aktif (Hunter *et al.*, 1986). Penelitian biologi reproduksi ikan seperti tingkat kematangan gonad, diameter telur dan fekunditas sangat diperlukan untuk mengetahui frekuensi pemijahan, lama pemijahan dan ukuran ikan ketika pertama kali mencapai kematangan gonad. Karakteristik reproduksi dari suatu stok merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan kemampuan regenerasi suatu populasi ikan. Dalam pengelolaan perikanan, informasi tersebut dapat digunakan untuk melindungi stok dari penangkapan ikan yang berlebihan dan untuk mempertahankan populasi pemijah.

Cakalang merupakan salah satu jenis ikan hasil tangkapan dominan setelah tuna sirip kuning/madidihang (*Thunnus albacares*) yang tertangkap pancing ulur di Pangkalan Pendaratan Ikan Kendongan, Bali (Sulistyaningsih *et al.*, 2017). Beberapa penelitian mengenai tingkat kematangan gonad dan karakteristik reproduksi cakalang menggunakan metode pengamatan mikroskopis (histologis) dan makroskopis (morfologi visual) telah dilakukan di perairan Samudera Hindia bagian timur dan di perairan Sulawesi Utara (Jatmiko *et al.*, 2015; Mallawa *et al.*, 2014, 2012; Nugraha & Mardijah, 2008).

Penentuan ukuran pertama kali ikan mencapai tingkat kedewasaan (matang gonad) merupakan informasi yang sangat penting bagi pengelolaan perikanan itu sendiri. Analisis penentuan ukuran pertama kali matang gonad dapat dilakukan menggunakan beberapa metode diantaranya pengamatan perkembangan ovarium secara histologis

diperlukan untuk menentukan klasifikasi perkembangan oosit secara spesifik. Penggunaan analisis histologis untuk menilai tahap pematangan gonad adalah metode yang paling tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui klasifikasi perkembangan gonad, pertama kali ikan melakukan pemijahan dan karakteristik reproduksi cakalang betina di perairan Samudra Hindia selatan Bali.

## BAHAN DAN METODE

### Pengumpulan dan Penanganan Sampel

Sampel gonad cakalang betina diperoleh dari Pangkalan Pendaratan Ikan Kendongan, Bali pada bulan April – September 2018. Sebanyak 106 ekor cakalang betina diukur panjang dan berat tubuhnya dan diambil gonadnya. Sampel gonad dalam keadaan segar dan langsung difiksasi menggunakan larutan buffer-formalin 10%. Analisis histologis dilaksanakan di Laboratorium Histologi menggunakan metode parafin dan pewarnaan HE (Harris-Haemotoxilin dan Eosin).

Setiap sampel ikan diukur panjang cagak (FL) dengan satuan cm dan berat tubuhnya ( $W_b$ ) dalam gram. Ikan dibedah perutnya untuk diambil sepasang gonadnya dan ditimbang ( $W_g$ ) dengan ketelitian 0,01 gram. Sampel cakalang betina yang diamati memiliki kisaran ukuran panjang 37-71 cm FL, sementara kisaran bobotnya antara 902-7.214 gram. Ukuran panjang ikan terkecil tercatat sebesar 37,4 cmFL diperoleh pada bulan April, sementara ukuran terbesar 71,0 cmFL diperoleh pada bulan Juli.

### Kelas Perkembangan Ovarium

Gonad diklasifikasi menggunakan kriteria yang digunakan oleh Farley *et al.*, (2013) berdasarkan pada:

1. Keberadaan *most advanced group of oocytes* (MAGO): *unyielded, early yielded, advanced yielded, migratory nucleus dan hydrated*.
2. Keberadaan dan perkiraan umur *postovulatory follicles* (POFs): absen, baru (tingkat 1), <12 jam (tingkat 2), 12-24 jam (tingkat 3).
3. Tingkatan atresia alfa dari *advanced yielded oocytes*: absen, <50%, >50%, 100%.

4. Ada atau tidaknya tingkat atresia beta dari *advanced yolked oocytes*.
5. Ada atau tidaknya *maturity markers* yang mengindikasikan perkembangan ovarium sebelumnya.

*Maturity markers* yang digunakan antara lain residu (*unovulated hydrated oocytes*) yang mungkin terbungkus oleh jaringan ikat, tingkat atresia tertua (*gamma/delta*) yang berwarna kuning-jingga-coklat dan sering disebut sebagai *melano-macrophage centres* atau *orange bodies* atau *brown bodies*, bundel otot (*muscle bundles*) dan ketebalan dari dinding ovarium (Zischke *et al.*, 2013; Farley *et al.*, 2013; Brown-Peterson *et al.*, 2011).

Cakalang betina diklasifikasi sebagai individu dewasa (*mature*) jika pada ovariumnya ditemukan MAGO (*advanced, migratory nucleus* dan/atau *hydrated*), POFs, atresia (*alpha* atau *beta*) dan/atau *maturity markers* lainnya. Sementara pada individu yang belum dewasa (*immature*) pada ovariumnya hanya ditemukan *unfolled* atau *early yolked oocytes* (Schaefer, 1998; Farley & Davis, 1998; Farley *et al.*, 2013). Kriteria klasifikasi perkembangan ovarium dapat dilihat pada Lampiran 1.

**Analisis Data**

**Gonado Somatic Index (GSI)**

*Gonado somatic index* (GSI) diperoleh dengan membagi berat gonad ( $W_g$ ) dengan berat tubuh tanpa gonad ( $W_b - W_g$ ) dan dipresentasikan dalam persentase. GSI dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$GSI = \left( \frac{W_g}{W_b - W_g} \right) \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

**Ukuran Pertama Kali Matang Gonad (Lm)**

Panjang pada 50% kematangan seksual (Lm) diestimasi sebagai panjang dimana 50% dari ikan sampel berada pada kondisi matang secara seksual atau dewasa (Somerton, 1980; Fontoura *et al.*, 2009). Panjang rata-rata saat 50% individu dewasa dihitung menggunakan analisis logistik berbasis model frekuensi dengan piranti lunak R versi 3.6.1 (The R Foundation, 2019). Dalam analisis regresi,  $X$  dianggap sebagai peubah penjelas dan klasifikasi kematangan seksual SKJ (belum dewasa: 0; dewasa: 1) sebagai peubah acak (binomial). Peubah-peubah kemudian dipasang pada fungsi logit (logistik) mengikuti model (Bakhtayokho, 1983):

$$P_{SKJ} = \frac{1}{1 + e^{-(\hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 * X)}} \dots\dots\dots(2)$$

$P_{SKJ}$  merupakan probabilitas cakalang matang seksual pada saat panjang  $X$ .  $\hat{\beta}_0$  (*intercept*) dan  $\hat{\beta}_1$  (*slope*) merupakan parameter yang dicari. Sehingga nilai Lm dihitung dengan cara:

$$Lm = - \frac{\hat{\beta}_0}{\hat{\beta}_1} \dots\dots\dots(3)$$

**Diameter Telur**

Pada tiap tahap perkembangan sel telur (oosit), diameter diukur sebanyak lima kali ulangan. Estimasi rata-rata diameter telur ( $d$ ) menggunakan pendekatan yang dilakukan oleh Williams (1997) (persamaan 5), akan tetapi dikarenakan bentuk telur yang tidak bulat sempurna maka pengukuran diameter telur ( $D_n$ ) diperoleh dengan mencari rata-rata diameter terpanjang ( $D_x$ ) dan terpendek ( $D_y$ ) (persamaan 4).

$$D_n = \frac{D_x + D_y}{2} \dots\dots\dots(4)$$

$$d = \frac{D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5}{5} \dots\dots\dots(5)$$

**Fekunditas**

Perhitungan fekunditas menggunakan metode sub-contoh bobot gonad atau disebut metode gravimetrik. Pendugaan fekunditas berdasarkan rumus (Bagenal, 1978) sebagai berikut :

$$F = \frac{W_g}{W_s} \times n \dots\dots\dots(6)$$

- dimana;
- $F$  : fekunditas (butir)
  - $W_g$ : berat gonad (gram)
  - $W_s$ : berat sampel (gram)
  - $n$  : jumlah telur dalam sub sampel (butir)

**HASIL DAN BAHASAN**

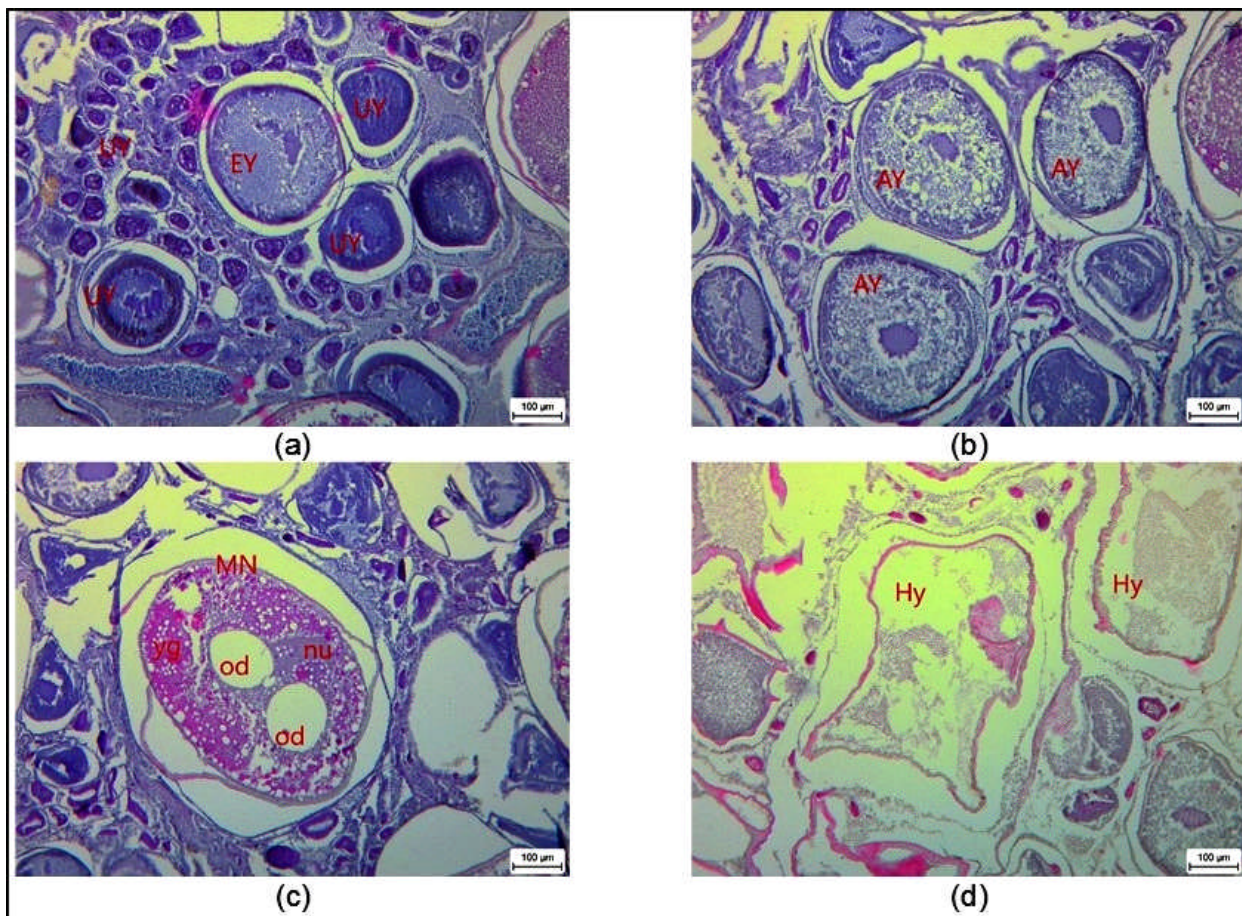
**Hasil**

**Klasifikasi Ovarium dan Ukuran Telur**

Cakalang betina yang diklasifikasikan sebagai ikan yang belum dewasa (*immature*) memiliki karakteristik oosit *unfolled* (UY) yang lebih gelap pewarnaannya,

serta memiliki diameter <math><156\ \mu\text{m}</math>. *Early yolked* (EY) memiliki diameter 114-249  $\mu\text{m}$  dan ditandai dengan munculnya vesikel kuning telur serta zona radiata (Gambar 1a). Cakalang dewasa (*mature*) memiliki karakteristik perkembangan ovari berupa adanya oosit pada tingkat yang lebih tinggi yaitu *advanced yolked* (AY) dimana globula kuning telur (*yolk globule*) berwarna merah dan zona radiata menebal (Gambar

1b). Diameter oosit AY berkisar antara 180-448  $\mu\text{m}$ . *Migratory nucleus* (MN) berdiameter 239-468  $\mu\text{m}$ , pada tahap ini nucleus (nu) telah bergerak ke tepi sel dan *oil droplets* (od) muncul dalam ukuran yang besar (Gambar 1c). Pada tahap *hydrated* (Hy) oosit berukuran sangat besar yaitu 459-552  $\mu\text{m}$  dan terlihat seperti noda merah muda (*pink stain*) (Gambar 1d).

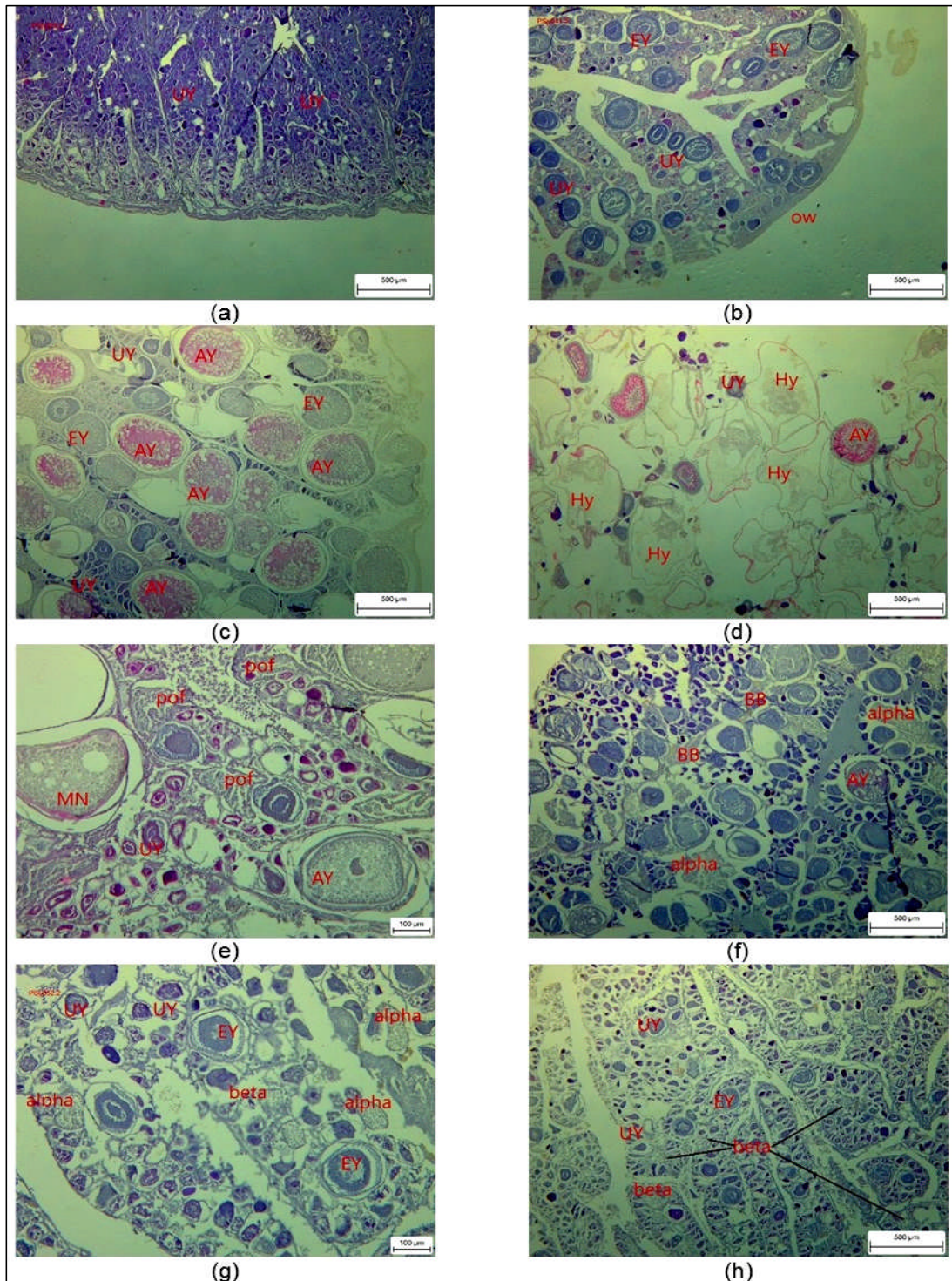


Gambar 1. Tingkat perkembangan oosit ikan cakalang. UY=unyolked; EY=early yolked; AY=advanced yolked; MN=migratory nucleus; Hy=hydrated; od=oil droplet; nu=nucleus

Figure 1. Oocytes development stages of skipjack tuna. UY=unyolked; EY=early yolked; AY=advanced yolked; MN=migratory nucleus; Hy=hydrated; od=oil droplet; nu=nucleus

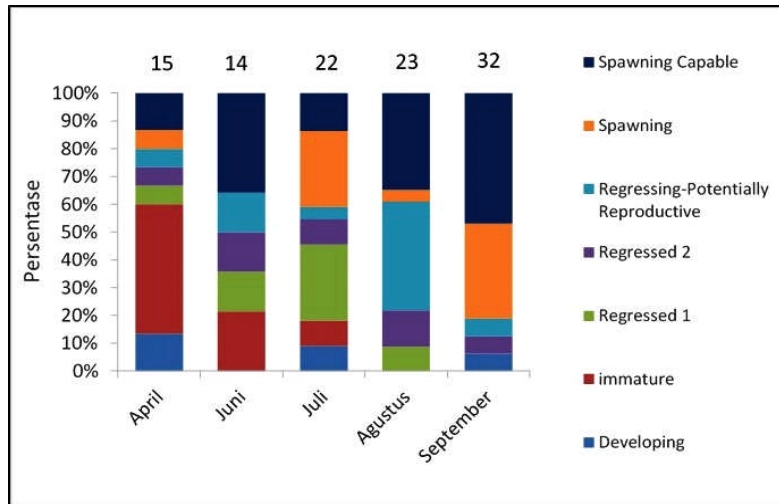
Tingkat perkembangan ovarium ditentukan berdasarkan *most advanced group of oocytes* (MAGO) dan *maturity markers*. Hasil analisis histologi pada 106 sampel ovari cakalang betina ditemukan bahwa terdapat 7 dari 8 kelas perkembangan ovarium yaitu *immature* (11,54%), *developing* (5,77%), *spawning capable* (31,73%), *spawning* (18,27%), *regressing-potentially reproductive* (14,42%), *regressed 1* (10,58%) dan *regressed 2* (7,69%). Kelas perkembangan *regenerating* tidak ditemukan pada penelitian ini (Gambar 2).

Cakalang yang diklasifikasi sebagai ikan muda atau belum dewasa didominasi oleh ikan-ikan yang berada pada kelas perkembangan *immature* sebesar 66,67% diikuti ikan dengan perkembangan ovarium *developing* sebesar 33,33%. Cakalang *immature* ditemukan selama bulan April sampai dengan Juli, persentase tertinggi ditemukan pada bulan April. Sementara ikan dewasa (*mature*) didominasi oleh ikan dengan perkembangan ovarium *spawning capable* (38,37%) diikuti oleh *spawning* (22,09%). Kedua kelas perkembangan ini ditemukan hampir di seluruh bulan pengamatan, kecuali di bulan Juni tidak ada ikan yang dalam kondisi *spawning* (Gambar 3).



Gambar 2. Histologi ovarium ikan cakalang di Samudera Hindia selatan Bali (a) *immature*; (b) *development*; (c) *spawning capable*; (d) dan (e) *spawning*; (f) *regressing-potentially reproductive*; (g) *regressed 1*; dan (h) *regressed 2*; UY=*unyolked*; EY=*early yolked*; AY=*advanced yolked*; MN=*migratory nucleus*; Hy=*hydrated*; BB=*brown bodies*; pof=*post-ovulatory follicles*; alpha=*atresia alpha*; beta=*atresia beta*.

Figure 2. Ovaries histology cross-section of skipjack tuna in Indian Ocean southern Bali a) *immature*; (b) *developing*; (c) *spawning capable*; (d) dan (e) *spawning*; (f) *regressing-potentially reproductive*; (g) *regressed 1*; and (h) *regressed 2*; UY=*early yolked*; EY=*early yolked*; AY=*advanced yolked*; MN=*migratory nucleus*; Hy=*hydrated*; BB=*brown bodies*; pof=*post-ovulatory follicles*; alpha=*atresia alpha*; beta=*atresia beta*.



Gambar 3. Sebaran perkembangan ovarium cakalang berdasarkan bulan pada tahun 2018 (angka menunjukkan jumlah sampel).

Figure 3. Monthly distribution of ovaries development of skipjack tuna in 2018 (number indicated total of samples).

Persentase ikan dewasa (*mature*) yang aktif memijah (*spawning capable* dan *spawning*) semakin meningkat dari April hingga September, sebaliknya ikan-ikan *immature* (*immature* dan *developing*) semakin berkurang pada bulan yang sama.

**Gonado Somatic Index (GSI)**

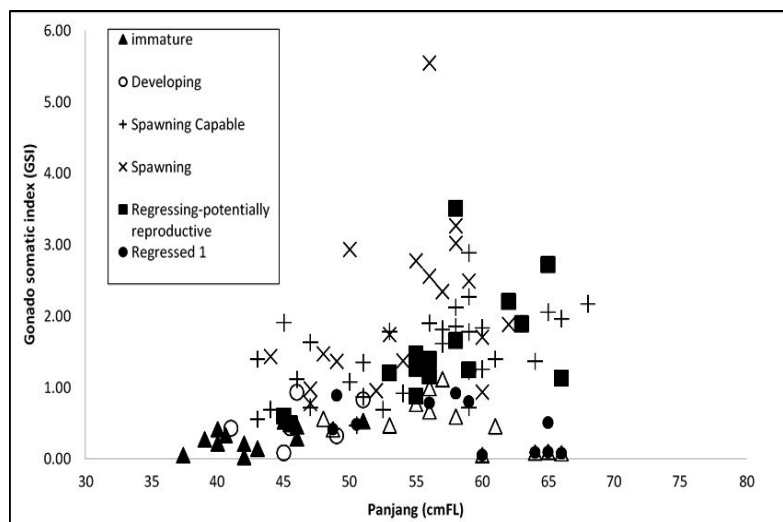
Analisis GSI dilakukan terhadap 104 sampel ikan cakalang dengan kisaran panjang 37-68 cmFL diperoleh nilai GSI terkecil cakalang betina yaitu 0,03 ditemukan pada ikan dengan perkembangan ovarium *immature* dengan panjang tubuh 42 cm. Sementara GSI tertinggi yaitu 5,55 ditemukan pada ikan dewasa (*mature*) dengan kelas perkembangan *spawning* yang memiliki panjang 56 cmFL. Gambar 4 menyampaikan

informasi bagaimana hubungan antara ukuran panjang ikan dengan nilai GSI nya.

Hubungan antara nilai GSI dengan tingkat perkembangan ovarium cakalang menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat perkembangan ovarinya maka semakin tinggi nilai GSI.

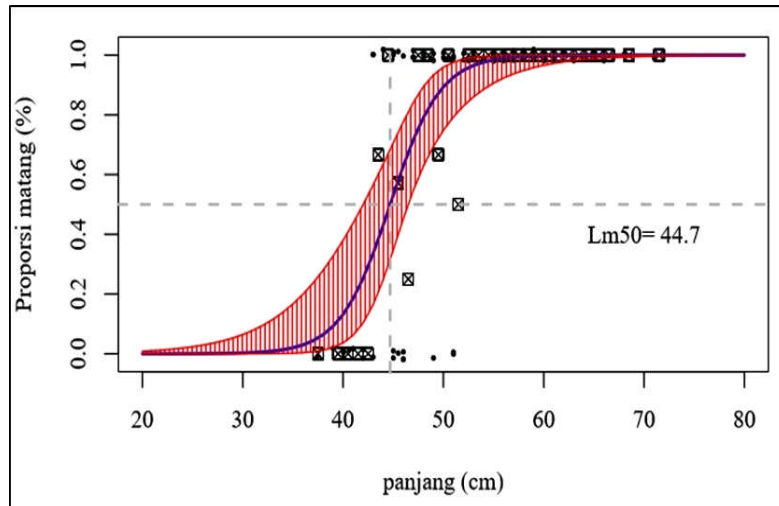
**Ukuran Pertama Kali Matang Gonad (Lm)**

Ukuran pertama kali matang gonad (Lm) merupakan ukuran dimana 50% ikan berada pada kondisi matang gonad. Penentuan Lm menggunakan tingkat perkembangan oosit *advanced yolked* (AY) yaitu perkembangan oosit dimana ikan mulai masuk dalam kelas dewasa (*mature*).



Gambar 4. Sebaran nilai GSI berdasarkan kelas panjang perkembangan ovarium.

Figure 4. Gonado somatic index distribution based on class length on ovaries development.



Gambar 5. Ukuran pertama kali matang gonad cakalang tertangkap di perairan Samudra Hindia selatan Bali.  
Figure 5. Length of first maturity of skipjack caught in Indian Ocean southern Bali.

Hasil analisis menunjukkan ukuran pertama kali matang gonad (Lm) untuk cakalang adalah 44,7 cmFL (Gambar 5).

### Fekunditas

Berdasarkan hasil pengamatan histologis, cakalang yang telah matang gonad dan termasuk dalam kelas perkembangan *spawning* setidaknya memiliki oosit dengan tingkat perkembangan *Advanced yolked*, dan/atau *migratory nucleus* dan/atau *hydrated*. Terdapat 19 ovarium dari cakalang dengan kisaran kelas panjang 44-62 cmFL yang dihitung fekunditasnya. Hasil perhitungan fekunditas dengan metode gravimetrik diperoleh jumlah telur yang siap dipijahkan berkisar antara 74.177 – 1.553.792 butir/ekor.

### Bahasan

Penelitian ini menggunakan metode klasifikasi perkembangan ovarium terkini yang belum banyak digunakan di Indonesia. Informasi yang disampaikan berguna untuk mengetahui tingkatan kematangan gonad ikan melalui perkembangan oositnya dan untuk mengidentifikasi status maturitas cakalang dewasa (*mature*). Kriteria klasifikasi perkembangan ovarium yang digunakan yaitu kriteria yang dikembangkan oleh Farley *et al.*, (2013) yang diaplikasi pada ikan tuna albakora di perairan Samudera Pasifik bagian selatan.

Diameter ukuran oosit cakalang pada tingkat perkembangan oosit yang berbeda, dari yang belum matang ke tingkat yang matang, memiliki ukuran yang berkelanjutan dari ukuran oosit terkecil hingga terbesar. Menurut Grande *et al.*, (2012), frekuensi ukuran oosit cakalang yang terus menerus tanpa ada celah dalam diameter antara oosit yang belum

berkembang hingga yang matang dalam tingkat maturitas yang berbeda serta dalam bulan yang berbeda telah dianggap sebagai tanda perkembangan oosit yang tidak seragam (*asynchronous*) dan fekunditas tak tentu (*indeterminate*). Selanjutnya hasil penelitian Batts (1972) menemukan bahwa beragam modulus diameter oosit dan residu oosit ditemukan pada kelompok ikan yang baru matang gonad yang menunjukkan bahwa cakalang adalah pemijah berganda.

Selama periode April-September, cakalang di perairan Samudra Hindia selatan Bali didominasi oleh individu ikan yang diklasifikasikan ke dalam kelas *mature* (82,69%). Jumlah individu dewasa yang sedang aktif memijah (*spawning capable* dan *spawning*) ditemukan hampir setiap bulan pengamatan. Hasil penelitian serupa dilaporkan oleh (Jatmiko *et al.*, 2015) dimana cakalang ditemukan mendominasi pada tingkat kematangan gonad IV (TKG IV) selama bulan April-November di Samudra Hindia selatan Jawa dan Nusa Tenggara, dan menduga bahwa cakalang memijah sepanjang tahun. Hasil penelitian Schaefer (2001) mengindikasikan bahwa cakalang memijah sepanjang tahun di perairan ekuatorial ketika suhu permukaan air di atas 24 °C, sementara Grande *et al.*, (2014) melaporkan bahwa di Samudera Hindia bagian Barat cakalang lebih aktif memijah selama bulan Januari-Februari dan Juni-Juli (*north-east* dan *south-west monsoon*). Hasil penelitian Jatmiko *et al.*, (2015) di perairan selatan Jawa dan Nusa Tenggara, menunjukkan bahwa pada bulan April hingga November tingkat kematangan gonad cakalang didominasi oleh TKG IV (*fully yolked oocyte*) dan memiliki peluang untuk memijah sepanjang tahun. Dan di perairan Bitung TKG cakalang pada bulan Juli dan September didominasi oleh individu dengan TKG III (Nugraha & Mardlijah, 2008).

Penentuan Lm dalam penelitian ini menggunakan tingkat perkembangan oosit *advanced yolked* (AY) sebagai penanda ikan telah dewasa. Hasil analisis menunjukkan Lm cakalang betina sebesar 44,7 cmFL. Hasil penelitian serupa yang menggunakan AY sebagai dasar penentuan maturitas, menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda, diantaranya hasil penelitian Timohina & Romanov (1996), dan Stequert & Ramcharrum (1996) di perairan Samudra Hindia bagian Barat yaitu masing-masing 43 cm dan 42 cm. Penelitian Grande *et al.* (2014) pada cakalang betina di Samudra Hindia sebelah barat, dengan menggunakan Vtg3 (*tertiary vitellogenic oocyte*) yang setara dengan AY sebagai dasar maturitas, juga diperoleh nilai (Lm) yang tidak berbeda jauh yaitu 43,5 cmFL.

Hubungan antara GSI dan tingkat perkembangan ovarium menunjukkan hubungan yang positif dimana semakin tinggi tingkat perkembangan ovarinya maka semakin tinggi nilai GSI. Johnson (2009) in Grande *et al.*, (2014) menyatakan bahwa ukuran gonad akan meningkat seiring dengan bertambahnya persediaan lemak dari makanan yang masuk selama musim pemijahan,

Fekunditas cakalang berkisar antara 74.177-1.553.792 butir telur, hasil ini masih termasuk dalam kisaran fekunditas dari penelitian-penelitian sebelumnya baik di perairan Indonesia maupun di Samudra Hindia (Tabel 1).

Tabel 1. Beberapa hasil penelitian fekunditas cakalang di perairan Indonesia dan Samudera Hindia  
 Table 1. Some research resulted the fecundity of skipjack tuna in Indonesian waters and Indian Ocean

Area	Jumlah sampel (ekor)	Kisaran panjang (cm)	Fekunditas (butir)	Penulis
Samudra Hindia sebelah Timur (selatan Bali)	19	44-62	74.177 – 1.553.792	Penelitian ini
Perairan Teluk Bone Laut Flores	-	-	900.000-1.500.000	Mallawa <i>et al.</i> , (2012)
Samudra Hindia (Sendang Biru, Malang)	-	-	1.256.760	Mallawa <i>et al.</i> , (2014)
Samudra Hindia sebelah Barat	-	-	181.608-1.145.943	Fergiawan (2017)
Samudra Hindia sebelah Barat	281	43-73	80.000-1.250.000	Stequert & Ramcharrum (1996)
Samudra Hindia sebelah Barat equator	-	52-69	906.500-2.773.333	Timohina & Romanov (1996)
Perairan North Carolina	31	49,8-70,4	141.000-1.200.000	Batts (1972)

Menurut Grande *et al.*, (2012), cakalang merupakan spesies yang memiliki tipe pemijahan yang *asynchronous* dan tipe fekunditas yang tidak menentu (*indeterminate*) karena menunjukkan adanya kontinuitas perekrutan oosit primer selama musim pemijahan.

**KESIMPULAN**

Cakalang betina di perairan Samudera Hindia selatan Bali memiliki tipe pemijahan berganda (*multiple spawner*) dan perkembangan oosit yang *asynchronous* (tidak seragam) dan fekunditas yang tak menentu (*indeterminate*), yang ditandai oleh munculnya beberapa tingkat perkembangan oosit dalam satu ovarium. Cakalang betina dewasa diduga melakukan pemijahan sepanjang tahun. Ukuran pertama kali matang gonad (Lm) cakalang adalah 44,7 cmFL. Disarankan jumlah data dan lama waktu pengamatan perlu ditambahkan untuk penelitian selanjutnya agar hasil penelitian lebih mewakili musim penangkapan.

**PERSANTUNAN**

Karya Tulis Ilmiah (KTI) ini merupakan hasil dari kegiatan penelitian Loka Riset Perikanan Tuna DIPA TA. 2018 yang berjudul “Struktur, Parameter dan Potensi Stok Sumber Daya Ikan Tuna, tongkol dan Cakalang (TTC) di Samudera Hindia”. Ucapan terima kasih ditujukan kepada seluruh anggota kelompok penelitian LRPT, Sdri. Indrastiwi Pramulati, Sdr. Dimas Galang Fergiawan dan Sdri. Desy Irene yang telah membantu dalam pengumpulan dan analisis sampel. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Sdr. Bram Setyadji sebagai Ketua Kelompok Penelitian Sumber Daya Tuna LRPT atas kontribusinya dalam analisis data.

**DAFTAR PUSTAKA**

Bagenal, T. B. (1978). Aspects of fish fecundity in ecology of freshwater fish production. *Methods for Assessment of Fish Production in Freshwater, 3rd Edition, Oxford, Blackwell Scientific Publications, 75–101.*



- Bakhayokho, M. (1983). Biology of the cuttlefish *Sepia officinalis hierredda* off the Senegalese coast. *Advances in Assessment of World Cephalopod Resources*. *FAO Fish. Tech. Pap*, 231, 204–263.
- Batts, B. S. (1972). Sexual Maturity, Fecundity, and Sex Ratios of the Skipjack Tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus), in North Carolina Waters. *Transactions of the American Fisheries Society*, 101(4), 626–637. DOI: 10.1577/1548-8659(1972)101<626:SMFASR>2.0.CO;2
- 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*, 3(1), 52–70. DOI:10.1080/19425120.2011.555724
- 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*. Rome, Italy, 137: FAO Press.
- Farley, J. H., & Davis, T. L. (1998). Reproductive dynamics of southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii*. *Fishery Bulletin*, 96, 223–236.
- Farley, J. H., Williams, A. J., Hoyle, S. D., Davies, C. R., & Nicol, S. J. (2013). Reproductive dynamics and potential annual fecundity of South Pacific albacore tuna (*Thunnus alalunga*). *PLoS One*, 8(4), e60577. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0060577>
- Fergiawan, D. G. (2017). *Kajian aspek biologi ikan cakalang (Katsuwonus Pelamis) di perairan Samudera Hindia yang Didaratkan di Unit Pelaksana Teknis Pelabuhan dan Pengelolaan Sumberdaya Kelautan dan Perikanan (UPT P2SKP) Pondokdadap, Sendang Biru, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur* (Skripsi). Universitas Brawijaya.
- Fontoura, N. F., Braun, A. S., & Milani, P. C. C. (2009). Estimating size at first maturity (L50) from Gonadosomatic Index (GSI) data. *Neotropical Ichthyology*, 7(2), 217–222. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252009000200013>
- Grande, M., Murua, H., Zudaire, I., Goñi, N., & Bodin, N. (2014). Reproductive timing and reproductive capacity of the Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the western Indian Ocean. *Fisheries Research*, 156, 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.04.011>
- Grande, M., Murua, H., Zudaire, I., & Korta, M. (2012). Oocyte development and fecundity type of the skipjack, *Katsuwonus pelamis*, in the Western Indian Ocean. *Journal of Sea Research*, 73, 117–125. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2012.06.008>
- Hunter, J. R., Macewicz, B. J., & Sibert, J. R. (1986). The spawning frequency of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, from the South Pacific. *Fishery Bulletin*, 84(4), 895–903.
- Jatmiko, I., Hartaty, H., & Bahtiar, A. (2015). Biologi reproduksi ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Samudera Hindia bagian Timur. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*, 7(2), 87–94. <http://dx.doi.org/10.15578/bawal.7.2.2015.87-94>
- Mallawa, A., Musbir, A. F., & Marimba, A. A. (2012). Analisis Struktur Ukuran Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) Menurut Musim, Daerah Penangkapan, dan Teknologi Penangkapan di Perairan Luwu, Teluk Bone Sulawesi Selatan. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 3(2), 29–38.
- Mallawa, Achmar, Amir, F., & Zainuddin, M. (2014). Keragaan biologi populasi ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) yang tertangkap dengan purse seine pada musim timur di perairan laut Flores. *Jurnal IPTEKS Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan*, 1(2).
- Nugraha, B., & Mardijah, S. (2008). Beberapa Aspek Biologi Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) yang Didaratkan di Bitung, Sulawesi Utara. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*, 2(1), 45–50. <http://dx.doi.org/10.15578/bawal.2.1.2008.45-50>
- Schaefer, K. M. (1998). Reproductive biology of yellowfin tuna *Thunnus albacares* in the eastern Pacific Ocean. *IATTC*, 21(5), 05–269.
- Schaefer, K. M. (2001). Assessment of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) spawning activity in the eastern Pacific Ocean. *Fishery Bulletin*, 99(2), 343–343.
- Somerton, D. A. (1980). A computer technique for estimating the size of sexual maturity in crabs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(10), 1488–1494.
- Steuert, B., & Ramcharrum, B. (1996). The Fecundity of Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) from The Western Indian Ocean. *Proceedings of the Sixth Expert Consultation on Indian Ocean Tunas*, 9.

- Sulistyaningsih, R. K., Barata, A., & Siregar, K. (2017). Perikanan Pancing Ulur Tuna di Kedonganan, Bali. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 17(3), 185–191. <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.17.3.2011.185-191>
- The R Foundation. (2019). R: The R Project for Statistical Computing. Retrieved August 22, 2019, from <https://www.r-project.org/>
- Williams, M. A. (1997). Quantitative Methods in Biology. In *Practical Methods in Electron Microscopy*, (Vol. 6, p. 234). Amsterdam and New York: Elsevier/North Holland Biomedical Press.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s11160-013-9304-z>

**Lampiran 1.** Kriteria klasifikasi histologis berdasarkan perkembangan oosit (*most advanced group of oocytes-MAGO*), *post ovulatory follicles (POFs)*, *atresia* dan *maturity markers* (Farley et al., 2013)

**Appendix 1.** *Histology classification criteria based on oocyte development (most advanced group of oocytes-MAGO), post ovulatory follicles (POFs), atresia and maturity markers* (Farley et al., 2013)

Class	Maturity Status	Activity	Development Class	MAGO	POFs	Atresia		Maturity Marker						
						$\alpha$	$\beta$	Brown Bodies	Ovary cross-section	Ovary wall	Cords	Muscle Bundles	Residual Hydrated	Oocytes structure
1	Immature	Inactive	Immature	UY	No	No	No	Absent or small	Small	Thin	Thin	Absent or small	Absent	Usually compact
2	Immature	Inactive	Developing	EY	No	No	No	Absent or small	Small	Thin	Thin	Absent or small	Absent	Usually compact
3	Mature	Active	Spawning Capable	AY	No	< 50%	May be present	Many, often large or in clumps	Large	Thick	Thick	Many, often large and "folded"	Maybe present	Usually disorganized with space between oocytes
4	Mature	Active	Spawning	AY, Mn, or Hy	Yes	< 50%	May be present	Many, often large or in clumps	Large	Thick	Thick	Many, often large and "folded"	Maybe present	Usually disorganized with space between oocytes
5	Mature	Inactive	Regressing - Potentially Reproductive	AY	No	>50%	May be present	Many, often large or in clumps	Large	Thick	Thick	Many, often large and "folded"	Maybe present	Usually disorganized with space between oocytes
6a	Mature	Inactive	Regressed 1	EY	No	100%	May be Present	Many, often large or in clumps	Large	Thick	Thick	Many, often large and "folded"	Maybe present	Usually disorganized with space between oocytes
6b	Mature	Inactive	Regressed 2	EY	No	No	Yes	Many, often large or in clumps	Large	Thick	Thick	Many, often large and "folded"	Maybe present	Usually disorganized with space between oocytes
7	Mature	Inactive	Regenerating	EY	No	No	No	Many, often large or in clumps	Large	Thick	Thick	Many, often large and "folded"	Maybe present	Usually disorganized with space between oocytes