

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

e-mail: bawal.puslitbangkan@gmail.com

BAWAL WIDYARISSET PERIKANAN TANGKAP

Volume 15 Nomor 3 Desember 2023

p-ISSN: 1907-8226

e-ISSN: 2502-6410

Nomor Akreditasi: 620/AU2/P2MI-LIPI/03/2015



KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN GONAD IKAN TONGKOL KOMO BETINA (*Euthynnus affinis* CANTOR, 1849) DI KEDONGANAN BALI

CLASSIFICATION OF GONAD MATURATION LEVELS OF FEMALE KAWAKAWA (*Euthynnus affinis* CANTOR, 1849) IN KEDONGANAN BALI

Gussasta Levi Arnenda^{1,2,*}, Ngunrah Intan Wiratmini² dan I Made Sara Wijana²

¹ Pusat Riset Konservasi Sumber Daya Laut dan Perairan Darat, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Indonesia
Kawasan Sains dan Teknologi Dr. (H.C.) Ir. H. Soekarno, Cibinong Jalan Raya Jakarta - Bogor Km.46 Pakansari, Kecamatan
Cibinong, Kabupaten Bogor 16911

² Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Indonesia
Jl. Raya Kampus Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung-Bali-803611

Teregistrasi 1 tanggal: 8 Agustus 2023; Diterima setelah perbaikan tanggal: 11 Desember 2023;

Disetujui terbit tanggal: 13 Desember 2023

ABSTRAK

Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia di Samudera Hindia (WPP-NRI 572 dan 573) kaya akan potensi sumber daya ikan yang didominasi oleh ikan tongkol komo (*Euthynnus affinis* Cantor, 1849). Pemanfaatan ikan tongkol komo telah melampaui batas optimal dengan tekanan penangkapan yang tinggi. Biologi reproduksi tongkol komo perlu diketahui untuk memastikan keberadaannya di alam. Tujuan dari penelitian ini adalah Tahap Kematangan Gonad (TKG) dan pemijahan. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari, April, Juni hingga Desember 2020. Pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan langsung di Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Kedonganan Bali. Teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *purposive stratified sampling*. Analisis histologi di Laboratorium Loka Penelitian Perikanan Tuna, Denpasar. Hasil yang diperoleh bahwa pola pertumbuhan tongkol komo adalah alometrik positif dengan sebaran panjang 26,5-58 cmFL. Ukuran pertama kali matang gonad (Lm) untuk betina 44,07 cmFL. Tingkat Kematangan Gonad (TKG) pada klasifikasi makroskopis dan mikroskopis perkembangan gonad didominasi oleh ikan yang belum matang gonad. Musim pemijahan pada bulan Agustus dan Desember.

Kata kunci: Biologi Reproduksi; *Euthynnus affinis*; Kedonganan; Manajemen

ABSTRACT

Fisheries Management Area of the Republic of Indonesia in the Indian Ocean (FMA-RI 572 and 573) is rich in potential fish resources which are dominated by kawakawa (*Euthynnus affinis* Cantor, 1849). Utilization of kawakawa has exceeded the optimal limit with high fishing pressure. The reproductive biology kawakawa needs to be known to ensure its presence in the wild. The purpose of this study was Gonad Maturity Level (GML) and spawning. The study was conducted in February, April, June to December 2020. The data was collected through direct observation at the Fish Landing Base (PPI) Kedonganan Bali. The sampling technique used in this study was *purposive stratified sampling*. Histological analysis at the Tuna Fisheries Research Institute Laboratory, Denpasar. The results obtained show that the growth pattern of kawakawa was a positive allometric pattern with a length distribution of 20-65cmFL. The size of the first gonad maturity (Lm) for females 44.07 cmFL. Gonad Maturity Level (GML) in macroscopic and microscopic classification of gonadal development is dominated by immature gonads fish. The spawning season is in August and December.

Keywords: Reproductive Biology; *Euthynnus affinis*; Kedonganan; Management

PENDAHULUAN

Ikan tongkol komo (*Euthynnus affinis*) merupakan salah satu komoditas perikanan ekonomis penting (Wagiyo et al., 2017). Ikan tongkol komo didaratkan diberbagai pelabuhan perikanan di sepanjang pantai Sumatera Barat (Banda Aceh, Pariaman, Bungus / Padang dan Painan) serta selatan Jawa, Bali dan Nusa Tenggara (Muara Baru / Jakarta, Palabuhanratu, Cilacap, Kedonganan, dan Benoa) (Widodo & Satria, 2013). Penangkapan ikan tongkol komo

di Samudra Hindia mengalami kenaikan setiap tahun, dari tahun 1950 sebanyak 5.569 ton hingga tahun 2018 sebanyak 164.133 ton (IOTC, 2020). Penangkapan ikan tongkol komo telah melebihi batas optimum selama delapan tahun terakhir (Ardelia et al., 2016). Ikan tongkol komo sudah dimanfaatkan secara penuh (*fully exploited*) sehingga pemanfaatan ikan sudah maksimal (Chodrijah et al., 2013). Pengelolaan perikanan memiliki batasan maksimal 80% dari potensi tangkapan maksimum

Korespondensi penulis:

e-mail: gussastaarnenda@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/bawal.15.3.2023.132-146>

Copyright © 2023, BAWAL WIDYA Riset PERIKANAN TANGKAP (BAWAL)

(*Maximum Sustainable Yield/MSY*) (Ma'mun et al., 2017; Mayua et al., 2018).

Ukuran rata-rata pertama kali matang gonad (Lm) ikan tongkol komo adalah 33,7 cm, yang mengalami penurunan dari ukuran sebelumnya 38 cm (Hidayat et al., 2018). Penurunan ukuran ini menandakan keberadaan ikan tongkol komo di alam dalam kondisi yang tidak baik. Ikan tongkol komo yang belum matang gonad mendominasi hasil tangkapan (Ekawaty & Jatmiko, 2018). Sehingga, kelestarian sumber daya ikan tongkol komo sangat dikhawatirkan karena tingginya tingkat pemanfaatannya (Kartini et al., 2017). Ukuran kawakawa (Lc) yang pertama kali ditangkap berkisar antara 26,9 cm hingga 38,4 cm. Rekrutmen ikan terjadi sepanjang tahun, mencapai puncaknya sebesar 15,97% pada bulan April dan 13,62% pada bulan Juli. Kematian alami ikan (M) tercatat lebih rendah dibandingkan dengan kematian akibat penangkapan ikan (F). Meskipun demikian, tingkat eksploitasi mencapai 0,66 (menunjukkan penangkapan ikan berlebihan), sehingga menyarankan perlunya pengurangan upaya penangkapan sebesar 32% (Mardijah et al., 2022).

Ikan tongkol komo pada tahun 2013 sebanyak 70% sudah matang gonad atau sudah dewasa dari total hasil tangkapan ± 98 ton per tahun (80% jumlah tangkapan tahun 2013) (Widodo et al., 2020). Kondisi tahun 2022, berbanding terbalik dengan kondisi sekarang dimana ikan tongkol komo yang ditangkap rata-rata belum matang gonad yang disebabkan oleh tekanan penangkapan tinggi, dan rekrutmen terhambat (Pulungan et al., 2022). Volume produksi tongkol komo selama periode 2018 hingga 2020 ternyata dipengaruhi oleh perubahan musim. Selama musim timur, nilai produksinya cenderung rendah, sementara pada saat musim peralihan, nilai produksinya mencapai puncak tertinggi. Selain itu, terdapat hubungan positif antara nilai produksi dengan volume produksi, di mana nilai produksinya akan meningkat seiring bertambahnya volume produksi (Pebiloka et al., 2023). Tongkol komo diperairan lombok diprediksi telah matang gonad/memijah ($SL_{50} > L_{50}$), sumberdaya tongkol komo mengalami tekanan yang tinggi, mengakibatkan gangguan pada rekrutmen individu baru ke dalam stok (Wujdi et al., 2020). Oleh karena itu, penelitian tentang biologi reproduksi ikan tongkol komo yang didaratkan di Kedonganan, Bali sangat perlu dilakukan untuk memberikan informasi status sebenarnya di alam. Pengamatan biologi reproduksi ikan tongkol komo meliputi: pengamatan dan klasifikasi perkembangan gonad, periode reproduksi, frekuensi pemijahan, ukuran saat kematangan seksual dan rasio jenis kelamin.

Klasifikasi secara histologi dari tahap kematangan gonad ikan merupakan cara paling akurat untuk menentukan tingkatan klasifikasi perkembangan gonad betina. Pada penelitian ini klasifikasi tingkat kematangan gonad ikan tongkol komo menggunakan klasifikasi secara histologi dengan menerapkan metode klasifikasi yang

digunakan pada ikan albakora dan ikan tuna sirip biru selatan (Farley et al., 2013). Penggunaan metode ini dikarenakan ikan tongkol komo berasal dari famili yang sama dengan ikan albakora dan ikan tuna sirip biru selatan yaitu Famili Scombridae.

Penelitian ini memiliki kebaharuan dalam metode klasifikasi histologi secara mikroskopis dengan menggunakan metode terbaru yang telah diterapkan sebelumnya pada ikan tuna seperti bluefin dan albakora yang membagi klasifikasi tingkat kematangan gonad menjadi 7 kelas dan belum pernah diterapkan sebelumnya. Tujuan dari penelitian adalah untuk membuktikan bahwa metode yang digunakan pada ikan tuna dapat diaplikasikan kepada ikan tongkol, serta untuk membedakan antara tingkat kematangan gonad yang belum pernah memijah pada kelas 1 dan 2, berbeda dengan tingkat kematangan gonad pada ikan yang pernah memijah dan mengalami resting, yang dibedakan dengan penemuan tanda tanda pemijahan yang dibuktikan secara histologis (Arnenda & Hartaty, 2022). Ikan tongkol komo dipilih pada penelitian karena faktor kondisi ikan tongkol komo pada status layak tangkap, namun belum memenuhi kepentingan konservasi Sumber Daya Ikan (SDI) dalam hal perlindungan dan pelestarian, dan banyak tertangkap pada kondisi matang gonad (Fathurriadi et al., 2020).

BAHAPAN METODE

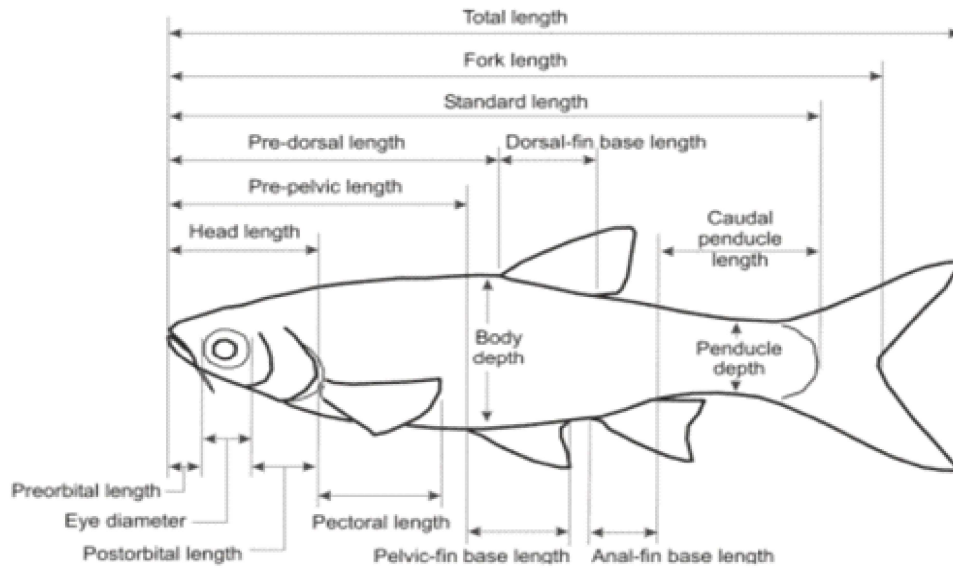
Bahan

Ikan tongkol komo yang dikumpulkan sebanyak 109 sampel gonad betina dengan ukuran panjang cagak (*fork length*) 26,5 hingga 58 cmFL. Sampel dikumpulkan sendiri oleh penulis. Semua sampel dalam penelitian ini berasal dari ikan yang didaratkan di Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Kedonganan Jimbaran, Bali).

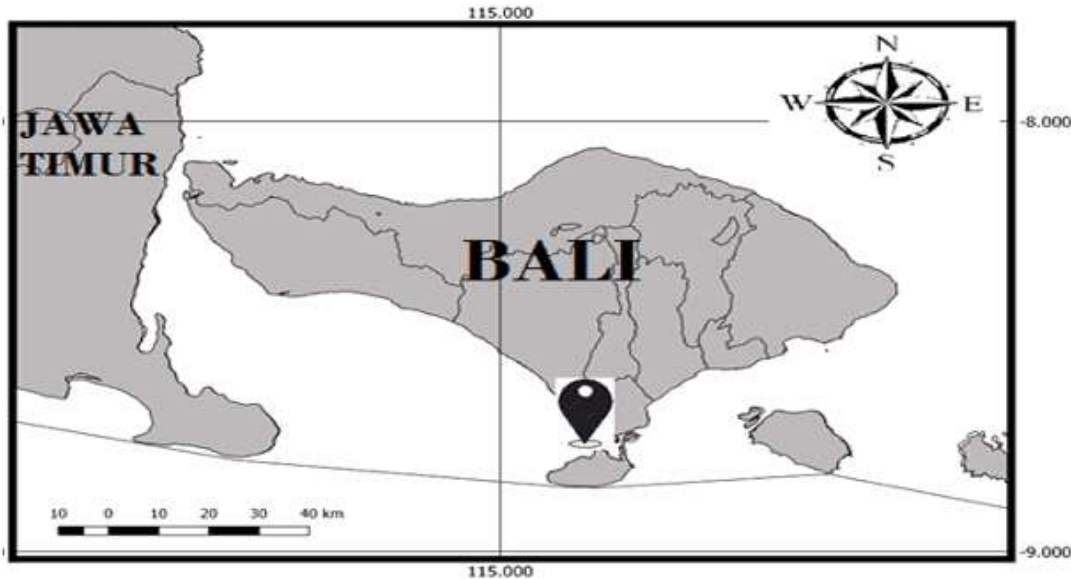
Metode Penelitian

Pengukuran panjang ikan menggunakan teknik pengukuran panjang cagak atau *fork length* (FL), yaitu ukuran lurus horizontal dari ujung mulut sampai ujung duri bagian tengah ekor (Gambar 1) (Cuan et al., 2016). Semua pengukuran panjang cagak ikan tongkol komo menggunakan kaliper dengan ketelitian 0,5 cm. Protokol sampling biologi menggunakan sistem sub-sampling dengan metode *purposive stratified sampling*. Pendekatan ini dilakukan terhadap ikan-ikan yang didaratkan dalam boks/ keranjang /bundel dengan ketentuan hasil tangkapan yang sudah dipilah berdasarkan jenis, ukuran dan dikelompokkan dalam kelas panjang (setiap ukuran 5 cm).

Penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode survei (Duli, 2019). Teknik sampling yang digunakan pada penelitian ini adalah *purposive stratified sampling*. Pengumpulan sampel gonad ditetapkan berdasarkan kelas panjang pengumpulan sampel biologis pada interval ukuran 5 cm, dan dilakukan penimbangan bobot gonad (Wg) dengan



Gambar 1. Tipe pengukuran ikan (Chuan et al., 2016)
 Figure 1. Types of fish measurements (Chuan et al., 2016)



Gambar 2. Lokasi pengambilan sampel (PPI Kedonganan)
 Figure 2. Sampling location (Kedonganan Fishing Port)

timbangan digital (Farley et al., 2013). Identifikasi morfologi gonad dilakukan secara makroskopis untuk mengetahui jenis kelamin dan Tingkat Kematangan Gonad (TKG). Sampel gonad yang diperoleh dimasukan ke dalam botol sampel untuk dilakukan fiksasi dengan menggunakan buffered formalin 10% (Farley & Davis, 1998) dan kemudian dikirim ke laboratorium histologi Loka Riset Perikanan Tuna (LRPT) untuk dilakukan pengamatan terhadap sampel-sampel tersebut dengan menggunakan teknik histologi. Teknik histologi menggunakan preparat jaringan gonad yang dibuat dengan metode parafin dan pewarnaan Haematoxylin-Eosin digunakan untuk mengamati kondisi histologi gonad secara mikroskopis (Endryeni et al., 2023).

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada perwakilan setiap musim, yaitu Musim Barat (MB) dilakukan pada Februari dan Desember 2020, Musim Peralihan I (MPI) pada April 2020, Musim Timur (MT) pada Juni-Agustus, Musim Peralihan II (MP II) September-November 2020. Pengumpulan data dilakukan secara observasi langsung di Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Kedonganan (Gambar 2) di Desa Kedonganan, Kecamatan Kuta, Kabupaten Badung Provinsi Bali. Sedangkan analisis histologi dilakukan di Laboratorium Loka Riset Perikanan Tuna (LRPT) Denpasar, Bali.

Analisis Data

Ukuran pertama kali matang gonad

Pendugaan ukuran pertama kali matang gonad dilakukan dengan melihat ikan yang telah matang gonad pertama kali dari semua selang kelas panjang. Metode lain untuk menduga ukuran pertama kali matang gonad dilakukan dengan pendekatan matematik berdasarkan metode Spearman-Kärber (Udupe, 1986):

$$m = \left[xk + \left(\frac{x}{2} \right) \right] - \left(x \sum p_i \right)$$

$$\text{antilog } m = m \pm 1,96 \sqrt{x^2 \sum \left(\frac{p_i \times q_i}{(n_i - 1)} \right)} \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

- m: log panjang ikan pada kematangan gonad pertama
- xk: log nilai tengah kelas panjang yang terakhir ikan telah matang gonad
- x : log pertambahan panjang pada nilai tengah
- pi : proporsi ikan matang gonad pada kelas panjang ke-i dengan jumlah ikan pada selang panjang ke-i
- ni : jumlah ikan pada kelas panjang ke-i
- qi : 1 - pi
- M : panjang ikan pertama kali matang gonad sebesar antilog m

Klasifikasi perkembangan gonad betina

Penentuan tingkat kematangan gonad dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Secara makroskopis mengikuti klasifikasi tingkat kematangan gonad ikan betina (Effendie, 1979)(Tabel 1). Sementara secara mikroskopis mengikuti klasifikasi perkembangan gonad (Farley et al., 2014) (Tabel 2).

Indeks kematangan gonad

Indeks Kematangan Gonad (IKG) atau Gonado Somatic Index (GSI) dihitung dari persentase perbandingan bobot gonad dan bobot ikan. Nilai IKG semakin lama semakin besar sampai batas kisaran maksimum, kemudian akan terjadi penurunan (memijah), sehingga dapat diduga musim pemijahannya (Effendie, 2002):

$$IKG = \frac{BG}{BT} \times 100$$

dimana:

- IKG : Indeks kematangan gonad (%)
- BG : Bobot gonad (g)
- BT : Bobot tubuh (g)

HASIL

Ukuran pertama kali matang gonad

Ukuran pertama kali matang gonad (Lm) merujuk pada ukuran dimana 50% ikan berada dalam kondisi gonad yang matang. Dalam penelitian ini, tahap perkembangan oosit yang sudah mencapai tahap lanjutan (advanced yolked) digunakan sebagai dasar untuk menentukan Lm. Temuan penelitian mengungkapkan bahwa ukuran Lm untuk ikan tongkol komo betina sebesar 44,07 cmFL (Gambar 3). Berdasarkan nilai ini, teramati bahwa 68,81% dari total 109 ekor ikan tongkol komo betina menunjukkan kondisi gonad yang belum matang.

Tingkat kematangan gonad betina secara makroskopis

Tingkat kematangan gonad (TKG) pada ikan tongkol komo betina dari total 109 ekor yang diamati secara makroskopis dapat dilihat pada Tabel 3. Terlihat bahwa sekitar 66% ikan tongkol komo betina yang diamati belum mencapai kematangan gonad, sementara sekitar 34% lainnya sudah matang gonad. Rincian mengenai TKG ikan tongkol komo betina dapat ditemukan di Tabel 4.

Ikan tongkol komo betina dengan Tingkat Kematangan Gonad (TKG) I ditemukan pada setiap bulan kecuali April dan Desember. TKG II ditemukan paling banyak pada bulan April, September, dan Oktober. TKG III paling banyak ditemukan pada bulan Desember. TKG IV mendominasi pada bulan Agustus, dan TKG V terbanyak ditemukan dari Agustus hingga Oktober. Kategori TKG III, IV, dan V menunjukkan bahwa ikan telah mencapai kematangan gonad, dan dominannya terjadi pada bulan Agustus dan Desember. Perincian persentase TKG ikan tongkol komo betina tiap bulan dapat ditemukan pada Gambar 4a.

Tabel 1. Tingkat kematangan gonad ikan betina
Table 1. Gonad maturity level (GML) of female fish

TKG GML	Kriteria Criteria
I	Ovarium seperti benang panjang ke depan rongga tubuh. Warna jernih permukaan licin
II	Ukuran ovarium lebih besar. Warnanya lebih gelap kekuning-kuningan. Telur belum terlihat jelas dengan mata
III	Ovarium berwarna kuning. Secara morfologi telur mulai kelihatan butirnya dengan mata.
IV	Ovarium makin besar, telur berwarna kuning, mudah dipisahkan. Butir minyak tidak tampak mengisi 1/2—2/3 rongga perut, usus terdesak.
V	Ovarium berkerut, dinding tebal, butir telur sisa terdapat di dekat pelepasan

Tingkat Kematangan Gonad (TKG) ikan tongkol komo betina berdasarkan sebaran panjang terbagi menjadi: TKG I dan II berukuran 26-50 cmFL, TKG III berada pada kisaran 36-50 cmFL, TKG IV berada pada 36-60 cmFL, dan TKG V berada pada 41-55 cmFL. Ikan tongkol komo betina yang

belum mencapai kematangan gonad (TKG I dan II) terdapat pada ukuran di bawah 40 cmFL. Kematangan gonad pada ikan tongkol komo betina mulai terlihat pada panjang sekitar 36-40 cmFL. Rincian persentase TKG ikan tongkol komo betina pada tiap kelas panjang dapat ditemukan dalam Gambar 4b.






Tabel 2. Klasifikasi perkembangan gonad
 Table 2. Classification of gonad development

Kelas <i>Class</i>	Status Kematangan <i>Maturity status</i>	Aktivitas <i>Activity</i>	Kelas Perkembangan <i>Development class</i>	Kelompok sel telur tertinggi dan Folikel paska ovulasi <i>(MAGO) and (POF)</i>	Sel telur atresia <i>(alpha (α) atau beta (β)) (α) and (β) atresia of yolked oosit)</i>	Tanda-tanda kematangan gonad <i>(Maturity marker)</i>
1	Belum matang <i>(immature)</i>	Tidak aktif <i>(inactive)</i>	Belum dewasa <i>Immature</i>	Belum berkembang, tidak ada folikel paska ovulasi <i>Unyolked, no POFs</i>	Tidak ada <i>Absent</i>	Tidak muncul <i>None</i>
2	Belum matang <i>(immature)</i>	Tidak aktif <i>(inactive)</i>	Mengembang <i>Developing</i>	Berkembang, tidak ada folikel paska ovulasi <i>Early yolked, no POFs</i>	Tidak ada <i>Absent</i>	Tidak muncul <i>None</i>
3	Matang <i>(mature)</i>	Aktif <i>(active)</i>	Mampu memijah <i>Spawning capable</i>	Permulaan matang, tidak ada folikel paska ovulasi <i>Advance yolked, no POFs</i>	<50% (α) atresia, kemungkinan ada (β) <50% (α) atresia, (β) may be <i>present</i>	Mungkin ada <i>Maybe present</i>
4	Matang <i>(mature)</i>	Aktif <i>(active)</i>	Memijah <i>Spawning</i>	Hampir matang/ matang, dan atau ada folikel paska ovulasi <i>Migratory or hydrated and/or POFs</i>	<50% (α) atresia, kemungkinan ada (β) <50% (α) atresia, (β) may be <i>present</i>	Mungkin ada <i>Maybe present</i>
5	Matang <i>(mature)</i>	Tidak aktif <i>(inactive)</i>	Setelah memijah <i>Regressing</i>	Permulaan matang, tidak ada folikel paska ovulasi <i>Advance yolked, no POFs</i>	≥50% (α) atresia, kemungkinan ada (β) ≥50% (α) atresia, (β) may be <i>present</i>	Mungkin ada <i>Maybe present</i>
6a	Matang <i>(mature)</i>	Tidak aktif <i>(inactive)</i>	Setelah memijah I <i>Regressed I</i>	Belum berkembang atau berkembang, tidak ada folikel paska ovulasi <i>Unyolked or early, no POFs</i>	100% (α) atresia, kemungkinan ada (β) 100% (α) atresia, (β) may be <i>present</i>	Mungkin ada <i>Maybe present</i>
6b	Matang <i>(mature)</i>	Tidak aktif <i>(inactive)</i>	Setelah memijah II <i>Regressed II</i>	Belum berkembang atau berkembang, tidak ada folikel paska ovulasi <i>Unyolked or early, no POFs</i>	Tidak ada (α) atresia, ada (β) <i>No (α) atresia, (β) present</i>	Mungkin ada <i>Maybe present</i>
7	Matang <i>(mature)</i>	Tidak aktif <i>(inactive)</i>	Regenerasi <i>Regeration</i>	Belum berkembang atau berkembang, tidak ada folikel paska ovulasi <i>Unyolked or early, no POFs</i>	Tidak ada <i>Absent</i>	Hadir <i>Present</i>

Tabel 3. Tingkat kematangan gonad (TKG) secara makroskopis
 Table 3. Macroscopic of gonad maturity level (GML)

TKG GML	Jumlah (ekor) Frequency
I	42
II	30
III	14
IV	16
V	7
Total	109

Tabel 4. Tingkat kematangan gonad ikan tongkol komo betina
 Table 4. Gonad maturation levels of female kawakawa

TKG GML	Betina Female	Gambar Figure
I	Ovarium seperti benang panjang ke depan rongga tubuh. Warna jernih permukaan licin	
II	Ukuran ovarium lebih besar. Warnanya lebih gelap kekuning-kuningan. Telur belum terlihat jelas dengan mata	
III	Ovarium berwarna kuning. Secara morfologi telur mulai kelihatan butirnya dengan mata.	
IV	Ovarium makin besar, telur berwarna kuning, mudah dipisahkan. Butir minyak tidak tampak mengisi 1/2—2/3 rongga perut, usus terdesak.	
V	Ovarium berkerut, dinding tebal, butir telur sisa terdapat di dekat pelepasan	

Klasifikasi perkembangan gonad betina secara mikroskopis

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian histologi pada gonad ikan tongkol komo betina pada tiga bagian, yaitu ujung, tengah, dan pangkal. Hasil analisis Anova satu arah (one-way ANOVA) menghasilkan nilai P-value sebesar 0,992196, yang lebih besar dari tingkat signifikansi umumnya yang ditetapkan pada 0,05, kita tidak memiliki cukup bukti untuk menolak hipotesis nol pada uji

statistik ini. Hipotesis nol dalam konteks ini mungkin menyatakan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dalam histologi gonad ikan tongkol komo betina pada tiga bagian yang diuji (ujung, tengah, dan pangkal). Selain itu, nilai F hitung yang lebih kecil dari f tabel ($0,007834 < 3,024132$) menunjukkan bahwa variasi antara kelompok lebih kecil dibandingkan dengan variasi dalam kelompok, yang mendukung kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan signifikan di antara ketiga bagian tersebut.

Berdasarkan klasifikasi perkembangan gonad betina secara mikroskopis, dalam penelitian ini ditemukan enam kelas perkembangan, yaitu kelas 1 immature (belum matang), kelas 2 developing (sedang berkembang), kelas 3 spawning capable (siap memijah), kelas 4 spawning (sedang memijah), kelas 5 regressing (sedang mundur), kelas 6a regressed I (mundur tahap I), dan kelas 6b regressed II (mundur tahap II). Namun, tidak ditemukan adanya kelas 7 regenerating (sedang meregenerasi).

Kelas 1 (Immature)

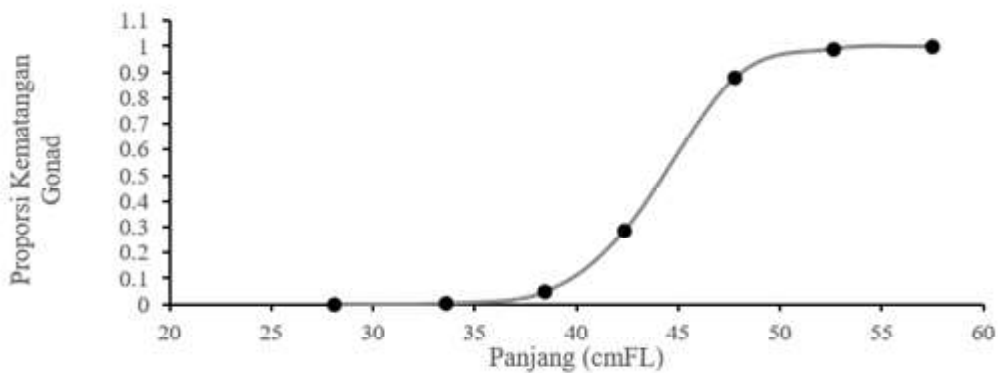
Hasil pengamatan ovarium yang ditemukan hanya mengandung sel telur unyolked. Tidak ditemukan sel telur advanced yolked, migratory, dan hydrated. Oosit atresia tidak ditemukan pada berbagai tingkatan, dan tidak ditemukan POF (Gambar 5a). Pada penelitian ini sebanyak 61% kelas 1 ditemukan pada kelas panjang 26-45 cm, tetapi paling banyak pada kelas panjang 31-35 cmFL. Kelas 1 ditemukan pada seluruh bulan kecuali Agustus, dengan status kematangan gonad belum dewasa (immature) dan aktivitas pemijahan yang sedang tidak aktif memijah.

Kelas 2 (Developing)

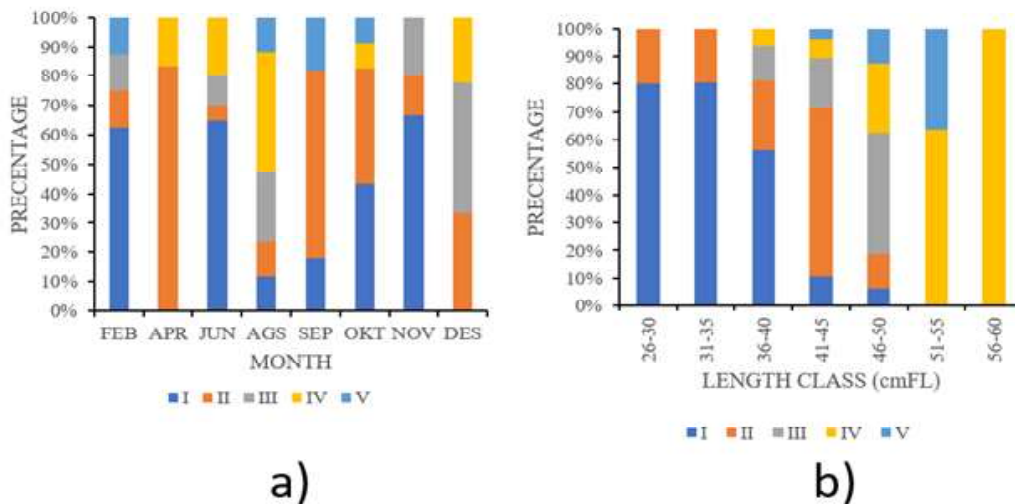
Hasil pengamatan klasifikasi perkembangan gonad kelas 2 ditemukan adanya early yolked sebagai MAGO, tidak ditemukan atresia dari berbagai tingkatan, dan tidak ditemukan POF (Gambar 5b). Pada penelitian ini ditemukan 0,03% yang termasuk dalam kelas 2, dan ditemukan pada kelas panjang 36-50 cmFL dengan kemunculan pada Agustus, Oktober hingga Desember dengan status belum matang gonad dan aktivitas pemijahan yang sedang tidak aktif memijah.

Kelas 3 (Spawning Capable)

Pengamatan klasifikasi perkembangan gonad kelas 3 ditemukan adanya ovarium mengandung sel telur advanced yolked namun tidak ditemukan migratory nucleus atau hydrated, dan juga POF sebagai tanda pemijahan. Sel telur yang berada dalam tahap alfa atresia kurang dari 50%, ditemukan adanya betha atresia pada beberapa sampel (Gambar 6). Klasifikasi kelas 3 ditemukan sebanyak 12,84% pada kelas panjang 36-55 cmFL, muncul



Gambar 3. Ukuran pertama kali matang gonad (Lm) ikan tongkol komo betina
 Figure 3. Size at first maturity (Lm) of female kawakawa



Gambar 4. (a) Persentase tingkat kematangan gonad betina secara makroskopis (a) per bulan (b) per kelas panjang.
 Figure 4. (a) Percentage of female gonad maturation levels based on macroscopic examination (a) month (b) length class.

pada Agustus, Oktober hingga Desember, dengan status matang gonad (mature) dan aktivitas pemijahan yang sedang aktif memijah.

Kelas 5 (Regressing/Potentially Reproductive)

Klasifikasi perkembangan gonad kelas 5 ditemukan ovarium yang mengandung sel telur advanced yolked dan tidak adanya sel telur migratory, hydrated, dan POF sebagai tanda siap memijah. Alfa atresia ditemukan lebih dari 50%, dan ditemukan adanya betha atresia (Gambar 8). Kelas 5 ditemukan sebanyak 2,75%, pada kelas panjang 41-50 cmFL dan muncul pada Agustus dan Desember. Kelas ini memiliki status matang gonad dengan dengan aktivitas pemijahan yang sedang aktif memijah.

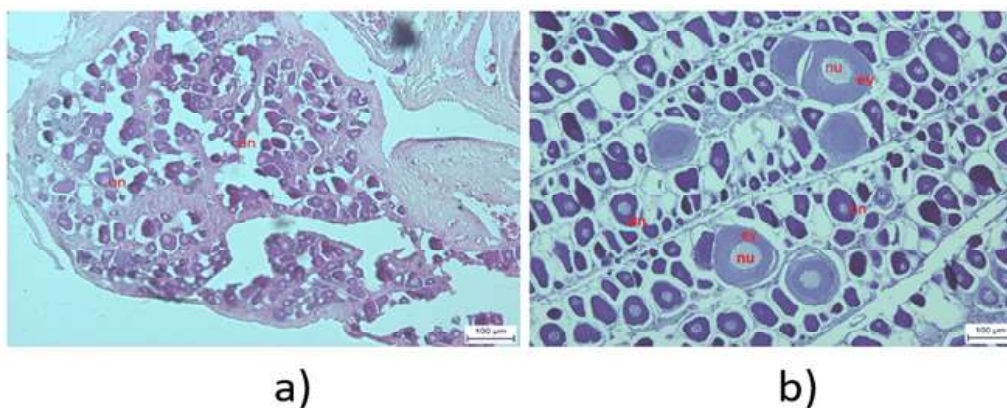
Kelas 6a (Regressed I)

Klasifikasi perkembangan gonad kelas 6a ditemukan ovarium sel telur early yolked sebagai MAGO tertinggi.

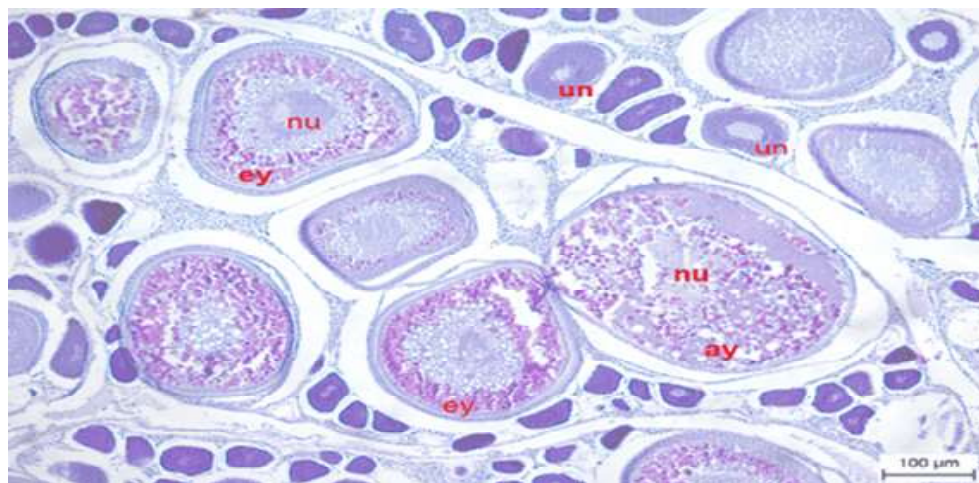
Kelas 6a ditemukan atresia >50% dari berbagai tingkatan, dan tidak ditemukan POF (Gambar 9a). Kelas 6a ditemukan sebanyak 0,9%, pada kelas panjang 46-50 cmFL dan muncul pada November. Kelas ini memiliki status matang gonad dan aktivitas pemijahan yang sedang tidak aktif memijah.

Kelas 6b (Regressed II)

Klasifikasi perkembangan kelas 6b ditemukan ovarium mengandung sel telur early yolked sebagai MAGO tertinggi. Tidak ditemukan alpha atresia dan POF, tetapi ditemukan adanya betha atresia secara terbatas (Gambar 9b). Kelas 6b ditemukan secara terbatas hanya sebanyak 1,8%, pada kelas panjang 46-50 cmFL dan muncul pada Februari dan Agustus. Status kematangan gonad adalah matang dan aktivitas pemijahan yang sedang tidak aktif memijah.



Gambar 5. (a) Kelas 1 (immature) (b) Kelas 2 (developing)
 Keterangan: un = unyolked; ey = early yolked; nu = nucleus dengan skala 100 µm
 Figure 5. (a) Class 1 (immature) (b) Class 2 (developing)
 Legend: un = unyolked; ey = early yolked; nu = nucleus with a scale of 100 µm



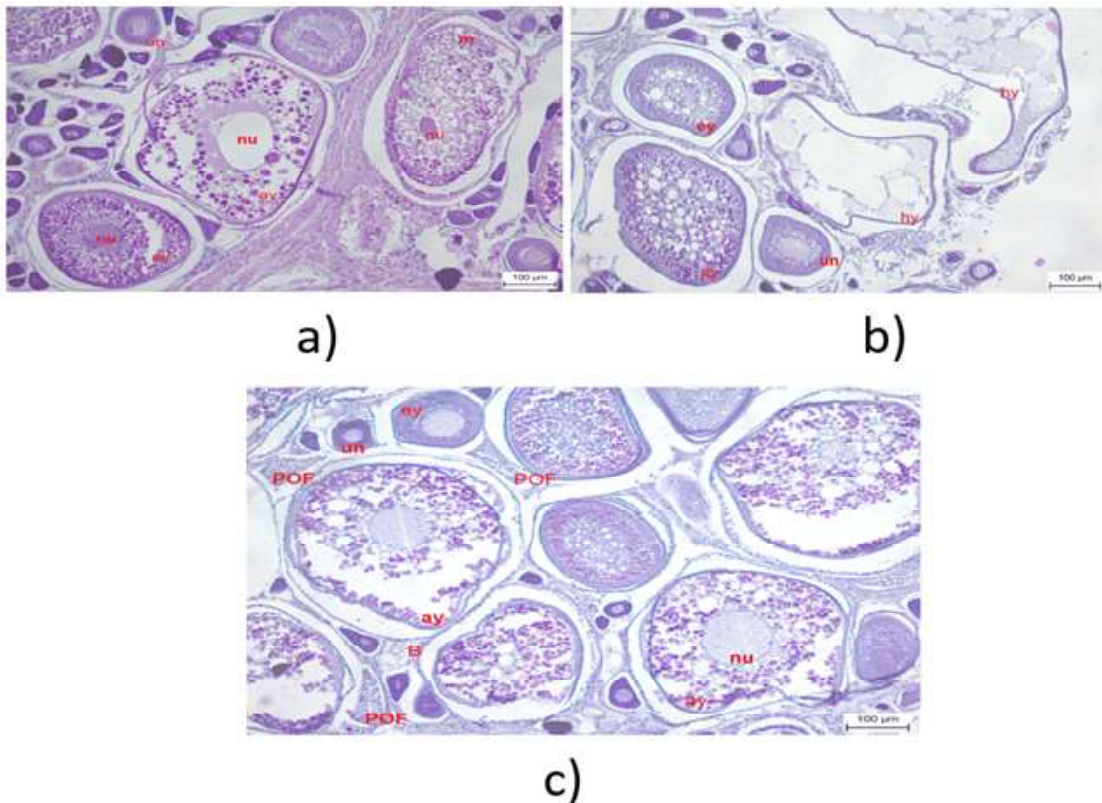
Gambar 6. Kelas 3 (spawning capable)
 Keterangan: un = unyolked; ey = early yolked; ay = advanced yolked; dengan skala 100 µm
 Figure 6. Class 3 (Spawning Capable)
 Legend: un = unyolked; ey = early yolked; ay = advanced yolked; with a scale of 100µm

Persentase klasifikasi perkembangan gonad betina

Persentase klasifikasi perkembangan gonad betina pada ikan tongkol komo menurut kelas panjang tubuh terlihat dalam Gambar 10a. Kelas 1 adalah klasifikasi yang paling umum, dominan pada panjang 26-45 cmFL. Kelas 2 juga merupakan kategori belum matang, muncul pada panjang 36-40 cmFL (6,25%), 41-45 cmFL (7,41%), dan 46-50 cmFL (6,25%). Kelas 3 dan Kelas 4 adalah kategori dewasa yang aktif memijah, muncul pada panjang 36-40 cmFL (25%), 41-45 cmFL (25,92%), 46-50 cmFL (62,5%), dan 51-60 cmFL (100%). Kelas 5 ditemukan pada panjang 41-45 cmFL (3,70%) dan 46-50 cmFL (12,5%). Kelas 6a memiliki persentase terkecil (6,25%), diikuti oleh Kelas 6b (12,5%), keduanya ditemukan pada panjang 46-50 cmFL dengan status kematangan dewasa dan tidak aktif memijah.

Persentase klasifikasi perkembangan gonad betina ikan tongkol komo menurut bulan terlihat pada Gambar 10b. Grafik ini menggambarkan bahwa kelas 1 muncul pada setiap bulan kecuali Agustus, dengan pola perubahan yang menyerupai parabola dengan dua puncak. Persentase kelas 1 mencapai puncak pada bulan Februari (75%), naik

pada April (83%), turun pada Juni (75%), mencapai titik terendah pada Agustus (0%), naik kembali pada September (80%), dan kemudian turun lagi pada Oktober (76,19%), November (73,33%), serta Desember (33,3%). Kelas 2 muncul pada Agustus (5,88%), Oktober (4,7%), November (6,66%), dan Desember (33,33%). Klasifikasi perkembangan gonad betina yang matang dibagi menjadi dua kategori aktivitas pemijahan: aktif memijah (kelas 3 dan kelas 4) dan tidak aktif memijah (kelas 5, kelas 6a, kelas 6b, dan kelas 7). Ditemukan bahwa kelas 3 dan kelas 4 dengan aktivitas memijah aktif mengikuti pola perubahan yang menyerupai parabola dengan dua puncak. Persentase perkembangan gonad betina dewasa aktif ini meningkat dari Februari (12,5%), April (16,67%), Juni (25%), mencapai puncak tertinggi pada Agustus (82,35%), kemudian menurun pada September (20%), Oktober (19,05%), November (13,33), dan kembali mencapai puncak kedua pada Desember (55,56%). Kelas perkembangan gonad betina dewasa yang tidak aktif memiliki persentase terendah pada Agustus (2,425%) dan tertinggi pada Desember (22,22%).

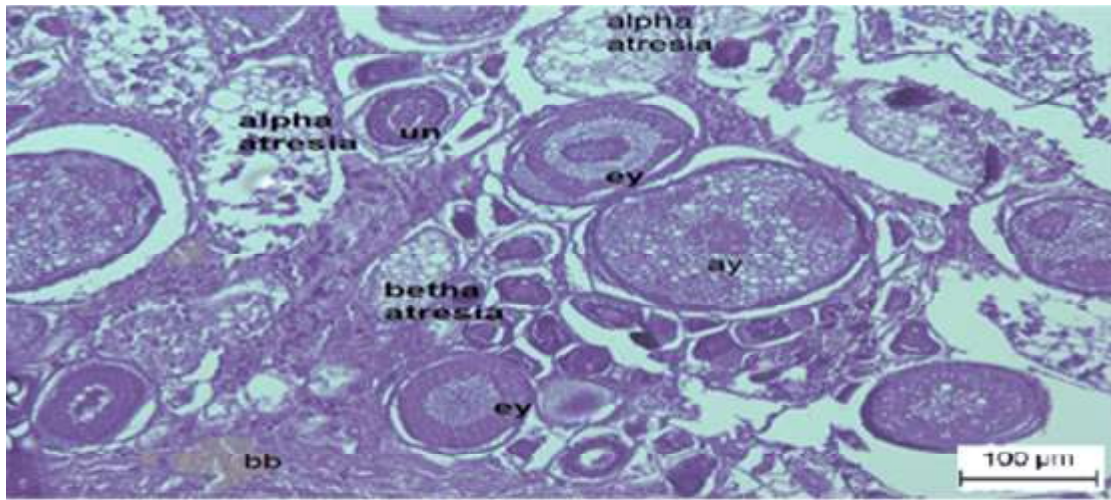


Gambar 7. Kelas 4 (spawning) dengan MAGO (a) migratory (b) hydrated (c) POF

Keterangan: un = unyolked; ey = early yolked; ay = advanced yolked; mn = migratory nucleus; hy = hydrated; b = betha atresia dengan skala 100 µm

Figure 7. Class 4 (spawning) with MAGO (a) migratory (b) hydrated (c) POF

Legend: un = unyolked; ey = early yolked; ay = advanced yolked; mn =migratory nucleus; hy = hydrated; b = beta atresia with a scale of 100µm

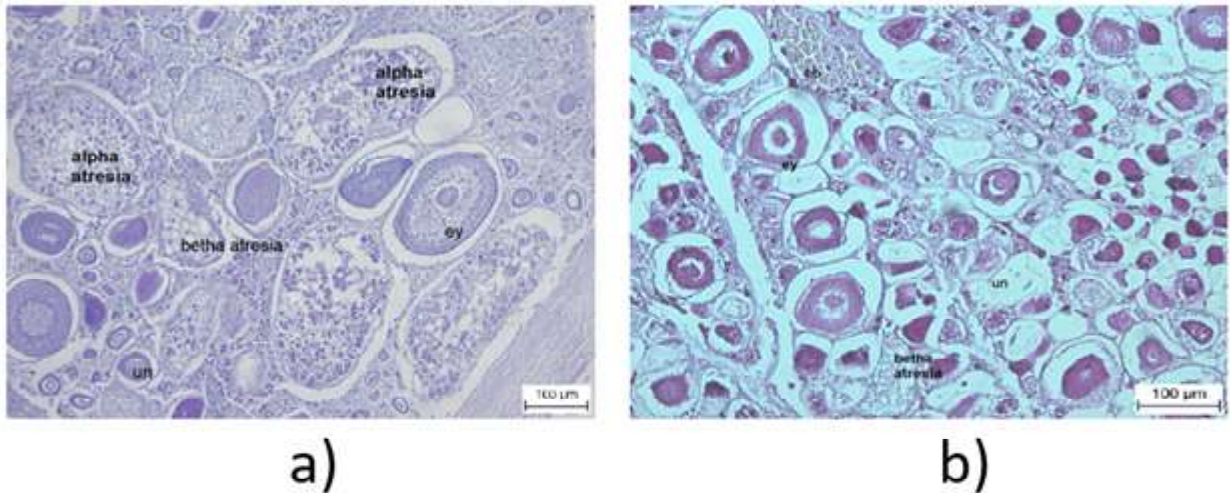


Gambar 8. Kelas 5 (regressing/potentially reproductive)

Keterangan: un = un-yolked; ey = early yolked; ay = advanced yolked; bb = brown bodies, dengan skala 100 µm

Figure 8. Class 5 (regressing/potentially reproductive)

Legend: un = un-yolked; ey = early yolked; ay = advanced yolked; bb = brown bodies, with a scale of 100µm



Gambar 9. (a) Kelas 6a (regressed I) (b) Kelas 6b (regressed II)

Keterangan: un = un-yolked; ey = early yolked; dengan skala 100 µm

Figure 9. (a) Class 6a (Regressed I) (b) Class 6b (Regressed II)

Legend: un = un-yolked; ey = early yolked; with a scale of 100 µm

Waktu pemijahan

Waktu pemijahan ditentukan oleh Indeks Kematangan Gonad (IKG). Perbandingan Indeks kematangan gonad dengan klasifikasi perkembangan gonad pada ikan betina dapat digunakan untuk mengetahui hubungan antara perkembangan di dalam dan di luar gonad. Pola hubungan antara IKG dengan klasifikasi perkembangan gonad pada ikan betina terus meningkat mulai dari kelas 1 sampai puncaknya pada kelas 4 diikuti dengan penurunan pada kelas 5 dan menurun lagi pada kelas 6a dan kelas 6b (Gambar 11a). Pola hubungan antara IKG betina menunjukkan pola dengan IKG tertinggi pada Agustus dan Desember (Gambar 11b)

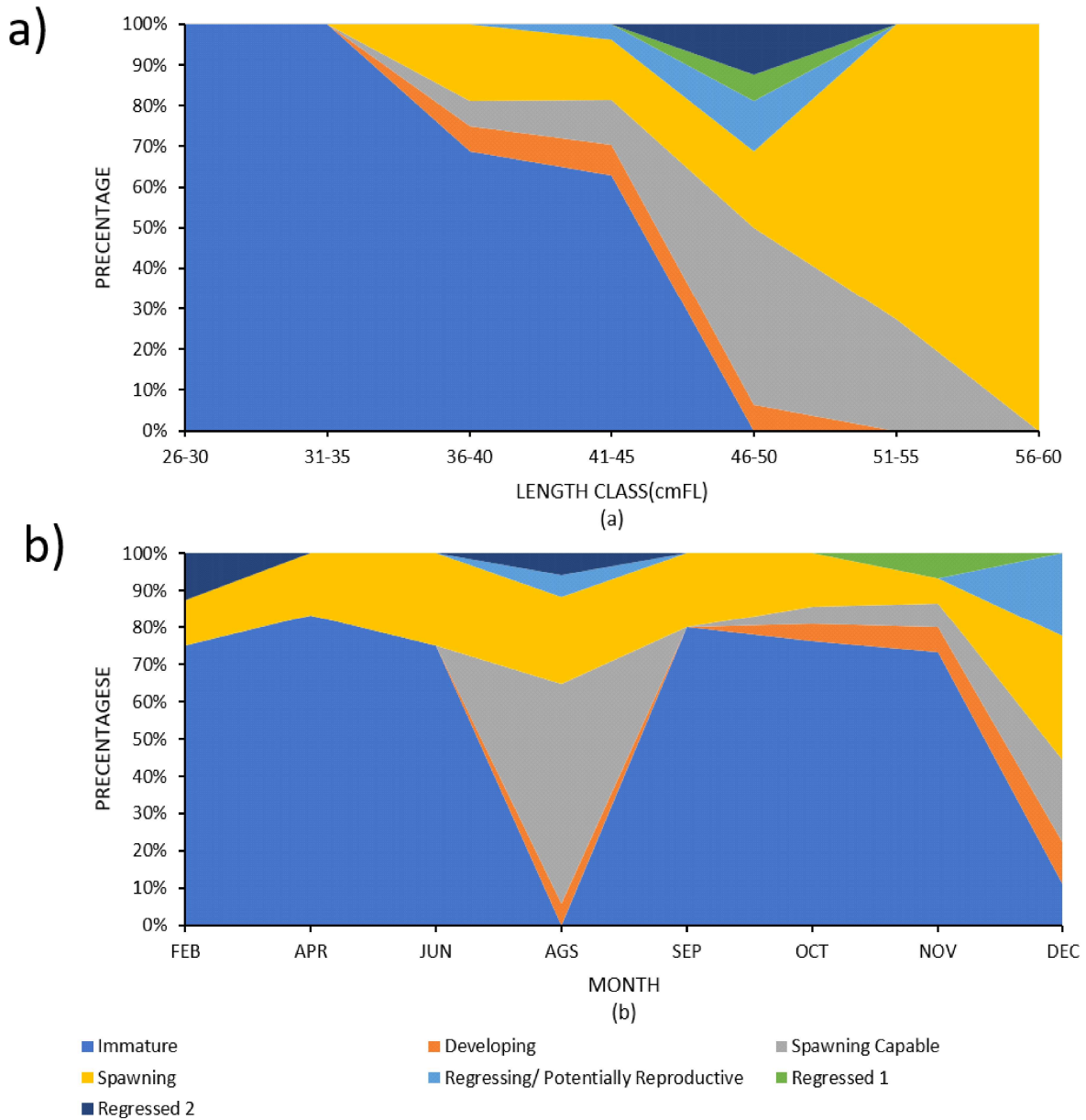
Pembahasan

Ukuran pertama kali matang gonad

Pada penelitian ini, ukuran pertama kali matang gonad ikan tongkol komo betina adalah 44,07cmFL. Menurut Dahlan et al. (2019), ukuran pertama kali matang gonad (Lm) adalah salah satu parameter dalam penentuan ukuran terkecil ikan layak tangkap, dan untuk mengetahui perkembangan populasi dalam suatu perairan. Hasil sayatan histologi mendukung pernyataan di atas dengan ditemukannya kelas 3 dan kelas 4 pada ukuran lebih dari 45 cmFL. Ikan tongkol komo memiliki ukuran pertama kali matang gonad (Lm) berbeda-beda untuk setiap lokasi. Ikan

tongkol komo di Kedonganan, pertama kali matang gonad (Lm) pada ukuran 48,4 cm (Ekawaty & Jatmiko, 2018), di Pantai Selatan Jawa Timur pada ukuran 40,17cm (Lelono & Bintoro, 2019), di Samudra Hindia barat Sumatra pada ukuran 42,032 cmFL (Arnenda et al., 2020), di Selat Malaka pada ukuran 41 cmFL(Wagiyo et al., 2017), di Selat Sunda pada ukuran 40,8 cmFL (Ardelia et al., 2016), dan Selat Lombok pada ukuran 48,4 cm (Wujdi et al., 2020). Perbedaan nilai Lm ini karena keadaan lingkungan dan perbedaan pola eksploitasi pada tempat-tempat penelitian tersebut (Masuswo & Widodo, 2016). Faktor lingkungan

yang mempengaruhi antara lain adalah puncak musim pemijahan yang berlangsung pada bulan Desember hingga Maret, selain itu juga dipengaruhi rasio jenis kelamin (Sundaray et al., 2021). Kebiasaan makan ikan juga mempengaruhi kematangan gonad, keberadaan karotenoid dan fitoestrogen dalam makanan ikan dapat berkontribusi terhadap pematangan dan reproduksi gonad ikan (Iskandar et al., 2023). Selain itu juga disebabkan karena pengaruh makanan, hormon, dan sex (Agustina et al., 2016).



Gambar 10. Persentase klasifikasi perkembangan gonad betina ikan tongkol komo betina (a) per kelas panjang (b) per bulan
 Figure 10. Percentage of female kawakawa gonad development classification (a) length class (b) month

Menurut Lelono & Bintoro (2019), ikan tongkol komo memiliki panjang pertama kali ditangkap (Lc) di Samudra Hinda adalah 37,31 cm. Berdasarkan hal ini, maka ikan tongkol komo memiliki ukuran pertama kali tertangkap lebih kecil dari ukuran panjang ikan pertama kali matang gonad pada penelitian ini ($L_c < L_m$). Keadaan penangkapan ini tidak baik untuk ketersediaan stok karena ikan yang tertangkap belum sempat melangsungkan proses pemijahan, sehingga mengganggu kelestariannya (Prihatiningsih et al., 2013). Apabila penangkapan dilanjutkan akan berdampak buruk dan terjadi growth overfishing (Agustina et al., 2016). Penangkapan ikan yang berlebihan mempunyai dampak yang beragam, salah satunya adalah menurunnya hasil tangkapan seiring berjalannya waktu kemudian dapat mempengaruhi nilai ekonomi perikanan (Wang et al., 2021).

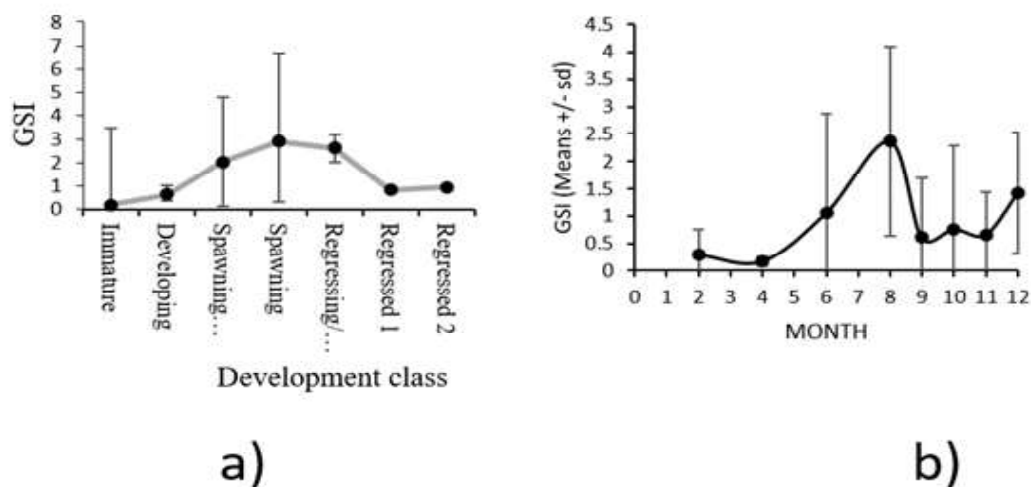
Tingkat Kematang Gonad (TKG) ikan tongkol komo

Selama bulan Februari sampai dengan Desember 2020, secara makroskopis ikan tongkol komo betina hasil tangkapan mencapai 34% sudah matang gonad. Ikan tongkol komo betina matang gonad paling banyak ditemukan pada Agustus dan Desember. Setelah dibuat sayatan histologi gonad, pada bulan tersebut ditemukan lebih dari 80% gonad telah mencapai kematangannya. Hal ini didukung dengan hasil perhitungan IKG ikan tongkol komo betina pada Agustus yaitu 2,46 dan Desember 1,4.

Dari hasil analisis histologi ikan tongkol komo betina ditemukan 7 dari 8 kelas perkembangan ovarium. Perkembangan ovarium tersebut didominasi oleh ikan muda atau belum dewasa (immature) yang berada pada kelas 1 dan 2 (immature dan developing) dengan persentase sebesar 61,03%. Perkembangan ovarium kelas ini memiliki MAGO tertinggi unyolked stage (uy) dan early

yolked stage (ey) tanpa ditemukan penanda kematangan gonad (atresia dan POF). Penanda atresia dan POF pada histologi ikan telah dipelajari pada beberapa spesies (Demartini, 2017). Oosit atretik telah diamati pada ikan tuna sirip kuning, dimana terdapat perbedaan penanda antara ikan belum matang gonad dan ikan telah matang gonad dengan status perkembangan tidak aktif (regressing-potentially reproductive, regressed 1, regressed 2, dan regenerating), yang terletak pada penemuan atresia atau POF pada pengamatan histologinya (Arnenda & Hartaty, 2022). Ikan immature atau belum dewasa ini muncul pada pada seluruh bulan kecuali Agustus dan Desember.

Perkembangan ovarium ikan dewasa (mature) dengan status aktif ditemukan sebanyak 31,18% dan terbanyak pada Agustus dan Desember. Perkembangan ovarium dengan status aktif ini ditemukan pada kelas 3 dan 4 (spawning capable dan spawning) dengan MAGO tertinggi hydrated stage disertai dengan ditemukannya penanda kematangan gonad (atresia dan POF). Folikel pasca-ovulasi (POF) hanya ditemukan pada perkembangan ovarium kelas 4 (spawning). Menurut Farley et al. (2013), folikel pasca-ovulasi (POF) digunakan sebagai tanda bahwa ikan baru saja melakukan pemijahan. Sedangkan, ikan dewasa (mature) dengan status tidak aktif ditemukan pada perkembangan ovarium kelas 5 sampai dengan 6b (regressing-potentially reproductive, regressed 1, dan regressed 2) dengan persentase 5,45%. Ikan mature dengan status tidak aktif ini muncul pada Februari, Agustus, dan Desember. Perkembangan ovarium pada ikan dengan kategori ini memiliki MAGO tertinggi advanced yolked stage (ay) dengan penanda kematangan atresia tanpa ditemukannya POF. Hilangnya POF menandakan bahwa ikan sudah tidak aktif memijah. Setiap ovarium juga dinilai berdasarkan keberadaan dan usia folikel pascaovulasi (POF). Folikel pascaovulasi (POF) diberi



Gambar 11. Hubungan indeks kematangan gonad betina ikan tongkol komo dengan (a) klasifikasi perkembangan gonad ikan betina (b) bulan

Figure 11. Relationship of female kawakawa gonad maturation index with (a) gonad development classification of female fish and (b) month

umur sesuai dengan keadaan degenerasinya menggunakan kriteria yang dikembangkan untuk ikan cakalang, tuna sirip kuning, albakora dan tuna mata besar yang semuanya bertelur di air bersuhu di atas 24°C dan menyerap POF-nya dalam waktu 24 jam pemijahan. Setiap ovarium diklasifikasikan berdasarkan tingkat atresia tahap ? dan ? dari oosit kuning telur lanjut yang ada (atresia adalah proses penyerapan oosit). Semua betina di tempat pemijahan sudah dewasa dan diklasifikasikan ke dalam fase reproduksi dan subfase tergantung pada MAGO, POF dan atresia yang ada di ovarium. Bukti aktivitas pemijahan yang akan terjadi atau baru-baru akan terjadi ditandai dengan oosit terhidrasi atau POF dan mungkin terdapat atresia pada oosit (Farley et al., 2015).

Ikan tongkol komo yang tertangkap di Kedonganan secara makroskopis dan mikroskopis didominasi oleh ikan yang belum matang gonad. Ikan tongkol komo yang telah matang gonad paling banyak ditemukan pada bulan Agustus dan Desember. Pada penelitian lain, ikan tongkol komo di selatan Jawa pada bulan Juli sampai November telah mencapai matang gonad dengan puncak pada bulan Agustus dan Oktober (Amri et al., 2018). Sebagai pembandingan, ikan tongkol komo di perairan Selat Sunda matang gonad dan memijah pada bulan Juni (12,50%) dan Agustus (16,86%) (Ardelia et al., 2016). Ikan cenderung mencapai fase matang gonad pada saat kondisi habitat atau perairan dalam keadaan subur. Kematangan gonad maupun waktu pemijahan dipengaruhi oleh perbedaan kondisi perairan/habitat ikan (Hidayat & Noegroho, 2018), dan juga oleh tekanan penangkapan (Wujdi et al., 2020).

Pemijahan ikan tongkol komo

Waktu pemijahan ikan tongkol komo yang tertangkap terjadi pada bulan Agustus dan Desember. Hal ini juga sesuai dengan penelitian sebelumnya dimana IKG tertinggi terjadi pada bulan Agustus (Ekawaty & Ulinuha, 2017). Hal serupa ditemukan pada ikan tongkol komo di perairan Laut Jawa yang mengalami puncak musim pemijahan bulan Juni, Juli dan Agustus, (Hidayat et al., 2016). Hal ini disebabkan karena kondisi perairan/habitat ikan seperti suhu permukaan, dan kelimpahan nutrisi yang masih sama (iklim tropis). Musim pemijahan ikan tongkol komo di perairan Samudera Hindia selatan Nusa Tenggara, terjadi pada musim timur (Juni-Agustus) sampai dengan musim peralihan (September-Oktober) (Hidayat & Noegroho, 2018). Ikan tongkol komo belum memijah pada musim barat (Januari-Februari) karena kondisi perairan kurang cocok untuk berlangsungnya pemijahan ikan (Husain et al., 2021).

Penangkapan ikan di Kedonganan dilakukan pada saat malam hingga pagi hari, dan pemijahan pada malam hari. Hal tersebut bisa diamati berdasarkan pengamatan histologi dimana ditemukan sampel dengan POF 0 jam sebanyak 7 sampel, POF < 12 jam sebanyak 5 sampel, dan POF 24 jam sebanyak 3 sampel. Menurut Farley et al. (2013), usia POF konsisten dengan degenerasinya dalam 24 jam. Hal ini berarti bahwa apabila ditemukan POF 0 jam, maka

ikan tersebut baru saja selesai melakukan pemijahan, apabila ditemukan POF <12 jam maka ikan tersebut baru selesai memijah 12 jam sebelumnya, dan apabila ditemukan POF 24 jam ikan tersebut baru selesai memijah sehari sebelumnya. Dalam penelitian ini, POF yang terbanyak ditemukan adalah POF 0 dan 24 jam yang artinya ikan tongkol komo bertelur pada waktu ditangkap atau sehari sebelumnya.

Hubungan antara nilai IKG dengan klasifikasi perkembangan gonad ikan tongkol komo betina menunjukkan pola parabola. Nilai IKG meningkat seiring dengan meningkatnya klasifikasi perkembangan gonad betina hingga mencapai puncaknya pada klasifikasi kelas 4 (spawning), kemudian menurun hingga kelas 6b (Regressed II). Tingginya nilai IKG pada saat spawning disebabkan oleh bobot gonad yang mencapai maksimum sesaat sebelum ikan memijah, kemudian menurun dengan cepat selama pemijahan berlangsung hingga selesai (Amri et al., 2018). Nilai IKG yang tinggi menunjukkan bahwa kelimpahan ikan tongkol komo juga sedang terjadi, sehingga laju penangkapan ikan tongkol komo juga mengalami peningkatan (Wujdi, A. & Suwarso, 2017).

KESIMPULAN

Ikan Tongkol komo betina dengan sebaran antara 26,5-58 cmFL pertama kali matang gonad pada panjang 44,07 cmFL. Tingkat kematangan gonad pada klasifikasi makroskopis dan mikroskopis menunjukkan dominasi ikan yang belum matang gonad. Musim pemijahan terjadi pada bulan Agustus dan Desember.

PERSANTUNAN

Terima kasih kepada Universitas Udayana Program Magister Biologi. Tidak lupa pula penulis ucapkan terima kasih kepada Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana Dra. Ni Luh Watiniasih, M.Sc., Ph.D. atas ijin yang diberikan kepada penulis untuk mengikuti pendidikan program. Terima kasih penulis sampaikan pula kepada Dr. Dra. Ni Made Ria Suarni, M.Si., Dr. I Ketut Ginantra, S.Pd., M.Si., dan Dr. Iriani Setyawati, S.Si., M.Si., yang telah memberikan masukan, saran, sanggahan, dan koreksi. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Zulkarnaen Fahmi, S.Pi., M.Si. selaku Kepala Loka Riset Perikanan Tuna yang sudah memberikan fasilitas penelitian. Terima kasih kepada seluruh pihak yang sudah membantu dan mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S., Boer, M., & Fahrudin, A. (2016). Dinamika populasi sumber daya ikan layur (*Lepturacanthus savala*) di perairan Selat Sunda. *Marine Fisheries*, 6(1), 77-85.
- Amri, K., Nora, F. A., Ernaningsih, D., & Hidayat, T. (2018). Reproduksi dan musim pemijahan tongkol komo (*Euthynnus affinis*) berdasarkan monsun dan suhu

- permukaan laut di Samudera Hindia Selatan Jawa-Nusa Tenggara. *Bawal*, 10(2), 155-167.
- Ardelia, V., Vitner, Y., & Boer, M. (2016). Biologi reproduksi ikan tongkol *Euthynnus affinis* di perairan Selat Sunda. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 8(2), 689–700.
- Arnenda, G. L., Setyadi, B., Intan, N., & Sara, I. M. (2020). Biological aspects , catching aspects and fishing ground of eastern little tuna or kawakawa (*Euthynnus affinis* (Cantor , 1849)) based on the fishing gear at WPP 572. *Saintek Perikanan*, 16(3), 199–207.
- Arnenda, G. Levi, & Hartaty, H. (2022). musim pemijahan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) di Samudera Hindia Selatan Jawa-Bali. *Bawal*, 14(1), 11–19.
- Chodriyah, U., Hidayat, T., & Noegroho, T. (2013). Estimasi parameter populasi ikan tongkol komo (*Euthynnus affinis*) di perairan Laut Jawa. *Bawal*, 5(3), 167–174.
- Cuan, K., Chuan, A., Wong, W., & Kho, G. A. (2016). A review of fish taxonomy convention and spesies identification techniques. *Journal Of Survey In Fisheries Science*, 4(1), 54–93.
- Dahlan, M. A., Yunus, B., Umar, M. T., & Nur, M. (2019). Musim pemijahan ikan tongkol lisong (*Auxis rochei* Risso, 1810) di perairan Majene Sulawesi Barat Spawning. In *Proceeding Simposium Nasional Kelautan Dan Perikanan* (pp.177–180). Makasar, Indonesia: Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanudin.
- Demartini, E. E. (2017). Eosinophilic granulocytes: a new bio-marker of sexual maturity in fishes?. *Copeia*, 105(4), 666–671.
- Duli, N. (2019). *Metodologi Penelitian Kuantitatif: Beberapa Konsep Dasar Untuk Penulisan Skripsi dan Analisis Data Dengan SPSS* (p.188). Yogyakarta: Deepublish.
- Effendie. (1979). *Metoda Biologi Perikanan* (p.112). Bogor: Yayasan Dewi Sri.
- Effendie, M. . (2002). *Biologi Perikanan* (p.163). Yogyakarta: Yayasan Pustaka Nusantara.
- Ekawaty, R., & Jatmiko, I. (2018). Biologi reproduksi ikan tongkol komo, *Euthynnus Affinis* (Cantor , 1849) di Samudra Hindia bagian timur. *Jurnal Iktiologi*, 18(3), 199–208.
- Ekawaty, R., & Ulinuha, D. (2017). Studi aspek biologi dan reproduksi tongkol komo (*Euthynnus affinis*) yang didaratkan di PPI Kedonganan, Bali. In *Seminar Sains dan Teknologi 2015. Kuta (Bali), Indonesia* (pp. 1049-1056). Kuta, Indonesia: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Udayana.
- Endryeni, Mayasari, L., & Irwandi. (2023). Studi histologi gonad ikan gariang (*Tor douronensis*) di Kabupaten Padang Pariaman Sumatera Barat. *Semah*, 7(1), 9–16.
- Farley, J. H., & Davis, T. L. O. (1998). Reproductive dynamics of southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii*. *Fishery Bulletin*, 96(2), 223–236.
- Farley, J. H., Davis, T. L. O., Bravington, M. V, Andamari, R., & Davies, C. R. (2015). Spawning dynamics and size related trends in reproductive parameters of southern bluefin tuna, *Thunnus Maccoyii*. *Plos One*, 10(5), 1–17.
- Farley, J. H., Hoyle, S. D., Eveson, J. P., Williams, A. J., Davies, C. R., & Nicol, S. J. (2014). Maturity ogives for south pacific albacore tuna (*Thunnus alalunga*) that account for spatial and seasonal variation in the distributions of mature and immature fish. *Plos One*, 9(1), 1–14.
- 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), 1–16.
- Fathurriadi, Asrial, E., & Rizal, L. S. (2020). Eligibility status kawakawa (*Euthynnus affinis* Cantor, 1849) from lombok strait and indian ocean southern Sumbawa. *Indonesian Journal Of Aquaculture And Fisheries*, 2(1), 1–18.
- Hidayat, T., Febrianti, E., & Restiangsih, Y. H. (2016). Pola dan musim pemijahan ikan tongkol komo (*Euthynnus affinis* Cantor , 1850) di Laut Jawa. *Bawal*, 8(2), 101–108.
- Hidayat, T., & Noegroho, T. (2018). Biologi reproduksi ikan tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*) di perairan Laut Cina Selatan . *Bawal*, 10(1), 17–28.
- Hidayat, T., Noegroho, T., & Chodriyah, U. (2018). Biologi ikan tongkol komo (*Euthynnus affinis*) di Laut Jawa. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis*, 02, 30–36.
- Husain, P., Karnan, & Santoso, D. (2021). Biologi reproduksi ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) yang didaratkan di pangkalan pendaratan ikan Tanjung Luar, Kabupaten Lombok Timur. *Jurnal Inovasi Pendidikan dan Sains*, 2(1), 19–25.
- Iskandar, Saputra, M. E., & Anna, Z. (2023). Importance of carotenoids and phytoestrogens in gonad maturity of various types of fish. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 24(1), 11–19.
- Kartini, N., Boer, M., & Sunda, S. (2017). Pertumbuhan , faktor kondisi , dan beberapa aspek reproduksi ikan lemuru (*Amblygaster sirm* , Walbaum 1792) di perairan Selat Sunda. In *The*. 9(4), 43–56.
- Lelono, T. D., & Bintoro, G. (2019). Population dynamics and feeding habits of *Euthynnus affinis*, *Auxis thazard*, and *Auxis rochei* in south coast of East Java Waters. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 370(1).1-8.
- Ma'mun, A., Priatna, A., Hidayat, T., & Nurulludin. (2017). Distribusi dan potensi sumber daya ikan pelagis di wilayah pengelolaan perikanan negara republik indonesia 573 (WPP NRI 573) Samudera Hindia. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 23(1), 47–56.
- Mardlijah, S., Pane, A. R. P., Fauzi, M., Yusuf, H. N., Widiyastuti, H., Herlisman, Zamroni, A., Noegroho, T., Hufiadi, & Wagiyo, K. (2022). the fishing grounds and the exploitation status of kawakawa (*Euthynnus affinis*) in Java Sea, Indonesia. *Hayati Journal of Biosciences*,

- 29(2), 255–265.
- Masuswo, R., & Widodo, A. A. (2016). Karakteristik biologi ikan tongkol komo (*Euthynnus affinis*) yang tertangkap jaring insang hanyut di Laut Jawa. *Bawal*, 8(1), 57–63.
- Mayua, D. H., Kurniawana, & Febrianto, A. (2018). Analisis potensi dan tingkat pemanfaatan sumberdaya ikan di perairan Kabupaten Bangka Selatan. *Jurnal Perikanan Tangkap*, 2(1), 30–41.
- Pebiloka, S., Johansyah, A., & Aggadhania, L. (2023). Production volume of mackarel tuna (*Euthynnus affinis*) as a one of fisheries commodity in Singkawang City. *Journal of Fisheries and Marine Applied Science*, 1(1), 26–32.
- Prihatiningsih, Bambang, S., & Taufik, M. (2013). Dinamika populasi ikan swanggi (*Priacanthus tayenus*) di perairan Tangerang– Banten. *Bawal*, 5(2), 81–87.
- Pulungan, A., Kamal, M. M., & Zairion, Z. (2022). Parameter populasi dan rasio potensi pemijahan ikan tongkol komo (*Euthynnus affinis*, Cantor 1849) di Laut Jawa sebelah utara jawa timur. *J. Lit. Perikan. Ind.*, 28(3), 135–146.
- Sundaray, J. K., Rather, M. A., Kumar, S., & Agarwal, D. (2021). Recent updates in molecular endocrinology and reproductive physiology of fish: an imperative step in aquaculture. In *Recent Updates In Molecular Endocrinology And Reproductive Physiology Of Fish: An Imperative Step In Aquaculture*.
- Udupe, K. S. (1986). Statistical method of estimating the size at first maturity in fishes. *Fishbyte*, 4(2), 8–10.
- Wagiyo, K., Pane, A. R. P., & Chodrijah, U. (2017). Parameter populasi, aspek biologi dan penangkapan tongkol komo (*Euthynnus affinis* Cantor, 1849) di Selat Malaka. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 23(4), 287–297.
- Widodo, A. A., Hargiyatno, I. T., Anggawangsa, R. F., & Wudianto. (2020). Pemanfaatan dan pengelolaan tuna neritik di wilayah pengelolaan perikanan negara republik indonesia (WPPNRI) 573 (Studi kasus perikanan tuna neritik berbasis di PPN Prigi-Trenggalek-Jawa Timur). *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 26(1), 11–20.
- Widodo, A. A., & Satria, F. (2013). Catch and size of bullet and frigate tuna caught by using drifting gillnet in indian ocean of indonesia based at Cilacap Fishing Port. *Indonesian Fisheries Research Journal*, 19(2), 73–79.
- Wujdi, A., & Suwarso, S. (2017). Fluktuasi dan komposisi hasil tangkapan tuna neritik tertangkap jaring insang di Perairan Laut Cina Selatan. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 20(4), 207–214.
- Wujdi, A., Hartaty, H., & Setyadji, B. (2020). Estimasi parameter populasi dan rasio potensi pemijahan tongkol komo (*Euthynnus affinis*, Cantor 1849) di Perairan Selatan Lombok. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 26(2), 93–107.