

Bioreproduktif dan Distribusi Ukuran Populasi dalam Menentukan Ukuran Layak Tangkap Ikan Tembang (*Sardinella fimbriata* Valenciennes, 1847) dari Perairan Selat Makassar

Amel Bitti¹, Wayan Kantun^{2*}

^{1,2}Institut Teknologi dan Bisnis Maritim Balik Diwa

Email correspondence*: aryakantun@gmail.com

ABSTRACT

The intensive fishing of Fringescale sardinella the waters around Makassar has led to suspicions of a decline in catchable size. This study aims to analyze the size at first gonad maturity as a basis for determining catchable size. The research was conducted from October to December 2025 at the Beba Fish Landing Ground, Takalar Regency, using a quantitative approach through a survey method to obtain biological data. The results showed that the total length of the Fringescale sardinella caught ranged from 10 to 14.5 cm (12.029 ± 0.926 cm). Analysis of gonad maturity showed that the size at first gonad maturity (Lm) for female Fringescale sardinella was 12.66 cm, while for males it was 13.02 cm. The combined average Lm was 12.89 cm. Meanwhile, the average size of fish caught during the study reached 12.09 cm, lower than the overall gonad maturity size of 13.02 cm. The comparison between catch size and gonad maturity size indicates that most fish caught were below reproductive size. This condition indicates that the majority of individuals in the population were not optimally contributing to the natural spawning process when caught. Catching mackerel at this size cannot be categorized as suitable for fishing and has the potential to disrupt stock sustainability. These results emphasize the importance of setting minimum catch sizes and monitoring exploitation intensity to maintain population balance and support sustainable fisheries management.

Keywords: catchable size; Fringescale sardinella, gonad maturity size; Makassar Strait; size distribution

I. PENDAHULUAN

Ikan tembang (*Sardinella fimbriata*) merupakan salah satu ikan pelagis kecil bernilai ekonomi penting dan tersebar luas pada berbagai perairan Indonesia, termasuk Selat Makassar. Spesies ini memiliki peran strategis dalam rantai trofik serta menjadi sumber utama perikanan rakyat di wilayah pesisir. Ikan tembang di Selat Makassar, tercatat sebagai salah satu hasil tangkapan dominan dalam kelompok pelagis kecil bersama ikan layang dan selar (Putri *et al.*, 2021). Distribusi dan kelimpahan species ini sangat dipengaruhi oleh variabilitas suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a, dengan kisaran optimal masing-masing 26–31°C dan 0,7–1,3 mg/m³, yang umumnya berasosiasi dengan tingginya produktivitas primer (Fan *et al.*, 2018; Putri *et al.*, 2021).

Kajian biologi populasi menunjukkan bahwa ikan tembang memiliki karakteristik pertumbuhan cepat dan waktu regenerasi relatif singkat, sehingga memiliki potensi untuk dimanfaatkan secara berkelanjutan apabila tekanan penangkapan dapat dikendalikan. Penelitian di Muara Badak, Kalimantan Timur, menemukan tingkat eksploitasi spesies ini mendekati batas maksimal pemanfaatan lestari (Hasanah *et al.*, 2019). Sebaliknya, penelitian di Perairan Rote, Laut Sawu, mengindikasikan bahwa stok populasi masih berada dalam kondisi aman dari risiko *overfishing* (Lisu *et al.*, 2020). Ikan tembang dari sudut pandang ekosistem, memiliki peran sebagai ikan konsumsi langsung dan sebagai penunjang produktivitas

alat tangkap lain, terutama sebagai umpan hidup dalam perikanan tuna dan cakalang (Sudirman *et al.*, 2021). Pemanfaatan sebagai umpan hidup juga ditemukan pada beberapa daerah lain, seperti Larantuka, Flores Timur untuk alat tangkap pole and line.

Penelitian biologi reproduksi *S. fimbriata* di Teluk Kupang menunjukkan bahwa pada musim barat, ikan tembang yang tertangkap didominasi individu berukuran sub-dewasa sampai mendekati dewasa, sehingga stok masih mampu mempertahankan kapasitas reproduksinya selama tidak terjadi eksploitasi berlebih (Ginzl, 2021). Namun, sebagian besar penelitian tentang ikan tembang di Indonesia selama ini lebih menitikberatkan pada aspek pertumbuhan, mortalitas, dan tingkat eksploitasi (Hasanah *et al.*, 2019; Lisu *et al.*, 2020). Aspek bioreproduksi, terutama yang mengaitkan struktur ukuran populasi dan kematangan gonad, masih jarang dikaji secara mendalam, khususnya pada wilayah perairan dinamis seperti Selat Makassar.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada pendekatannya yang mengintegrasikan parameter bioreproduksi dengan distribusi ukuran populasi di wilayah arus utama Indonesia. Selat Makassar dikenal sebagai pintu utama arus lintas Indonesia yang memengaruhi suhu permukaan laut serta ketersediaan nutrien (Fan *et al.*, 2018; Kantun *et al.*, 2018; Kantun dan Moka, 2022). Faktor oseanografi tersebut sangat berpotensi memengaruhi proses pertumbuhan dan kematangan gonad ikan pelagis kecil, termasuk *S. fimbriata*. Sampai kini belum terdapat kajian yang secara spesifik menghubungkan distribusi panjang, tingkat kematangan gonad, serta ukuran pertama kali matang gonad ikan tembang di Selat Makassar dengan kondisi oseanografi yang dinamis tersebut.

Penelitian terdahulu sebagian besar dilakukan pada wilayah pesisir atau perairan relatif tertutup (Hasanah *et al.*, 2019; Lisu *et al.*, 2020; Wijayanto, 2020). Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi baru melalui analisis komprehensif terhadap parameter biologi reproduksi ikan tembang pada perairan dengan karakteristik arus kuat dan gradien salinitas tinggi. Informasi mengenai ukuran rata-rata tertangkap, tingkat kematangan gonad, dan ukuran pertama kali matang gonad diharapkan mampu menjadi dasar ilmiah penentuan ukuran layak tangkap (*minimum legal size*), yang sangat penting dalam pengelolaan perikanan pelagis kecil di Indonesia.

Selain itu, hasil penelitian ini memberikan masukan yang lebih akurat untuk evaluasi tingkat eksploitasi. Penelitian sebelumnya cenderung menggunakan parameter panjang rata-rata tangkapan tanpa mempertimbangkan ukuran matang gonad, sehingga risiko penangkapan ikan yang belum berkontribusi pada reproduksi masih tinggi (Nurdin *et al.*, 2019).

Kombinasi data morfometrik dan gonadosomatik dari berbagai kelas ukuran, penelitian ini mengisi kesenjangan data biologi ikan tembang di Selat Makassar, yang sampai kini masih terbatas meskipun wilayah ini termasuk pusat produksi pelagis kecil nasional (Putri *et al.*, 2021). Urgensi penelitian ini disebabkan semakin meningkatnya tekanan penangkapan, sehingga diperlukan data ilmiah yang memadai sebagai dasar pengaturan ukuran tangkap, musim penangkapan, dan perlindungan area pemijahan untuk mendukung keberlanjutan (Muslim *et al.*, 2024) sumber daya ikan tembang.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober sampai Desember 2025. Lokasi pengambilan sampel ikan tembang dilakukan di Tempat Pendaratan Ikan Beba, Kabupaten Takalar. Pengamatan tingkat kematangan gonad di lakukan dilaboratorium Institut Teknologi dan Bisnis Maritim Balik Diwa.

Pengukuran panjang ikan dilakukan menggunakan kaliper digital dengan ketelitian 0,01 mm dari ujung anterior ke posterior ikan (panjang total). Sementara ukuran rata-rata tangkapan diperoleh dari penjumlahan seluruh sampel dibagi jumlah sampel. Tingkat kematangan gonad diamati merujuk pada tingkat kematangan gonad yang diperkenalkan oleh Effendie (1997), sedangkan ukuran pertama kali matang gonad dianalisis menggunakan formula yang diperkenalkan oleh Udupa (1986).

Pengolahan data dilakukan dengan memasukkan hasil pencatatan ke dalam perangkat lunak untuk pengolahan lebih lanjut. Data dianalisis untuk menentukan distribusi ukuran, persentase tingkat kematangan gonad, ukuran pertama kali matang gonad dan ukuran layak tangkap. Hasil

pengolahan data kemudian digunakan untuk membuat interpretasi dan rekomendasi yang mendukung tujuan penelitian.

Distribusi ukuran

Analisis distribusi ukuran panjang dan bobot ikan dilakukan untuk memperoleh informasi distribusi ukuran panjang dan bobot. Distribusi ukuran dianalisis berdasarkan frekuensi panjang dengan interval kelas tertentu, menggunakan rumus:

$$K = 1 + 3,3 \log N \dots \dots \dots (1)$$

$$i = N_{Max} - N_{Min} \dots \dots \dots (2)$$

Ket : K adalah jumlah kelas, N adalah jumlah data, i adalah selang kelas; N_{Max} adalah nilai terbesar dan N_{Min} adalah nilai terendah

Ukuran Pertama Kali Matang Gonad

Pendugaan rata-rata ukuran pertama kali matang gonad menggunakan metode Spearman-Kärber (Udupa, 1986) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Log } m = x_k + \frac{x}{2} - (X \sum p_i) \dots \dots \dots (3)$$

Dengan selang kepercayaan 95% maka

$$\text{anti log } m = m \pm 1,96 \sqrt{x^2 \sum \left(\frac{p_i - q_i}{n_i - 1} \right)} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

Log m = logaritma panjang ikan pada kematangan gonad pertama
 x_k = logaritma nilai tengah pada saat ikan matang gonad 100%;
 x = logaritma penambahan panjang pada nilai tengah;
 p_i = jumlah ikan matang gonad pada kelas panjang ke - i dengan jumlah ikan pada selang panjang ke-i
 q_i = 1 - p_i
 n_i = jumlah ikan pada kelas panjang ke-i
 m = panjang ikan pertama kali matang gonad sebesar antilog m.

Ukuran Layak Tangkap

Ukuran layak tangkap di peroleh dengan membandingkan ukuran rata-rata tertangkap dengan ukuran pertama kali matang gonad ikan tembang. Jika ukuran yang tertangkap di atas ukuran pertama kali matang gonad, maka dikategorikan layak tangkap.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

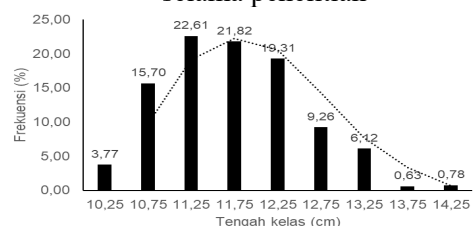
Distribusi Ukuran

Sampel ikan tembang yang diperoleh selama penelitian berjumlah 637 ekor dengan panjang total 10–14,5 cm ($12,029 \pm 0,926$ cm), yang terbagi dalam sembilan interval kelas. Distribusi ukuran menunjukkan bahwa kelas 11,0–11,5 cm merupakan yang tertinggi dengan persentase 22,61%, sedangkan kelas 13,5–14,0 cm merupakan yang terendah dengan 0,63%. Rentang ukuran yang relatif sempit dan simpangan baku rendah mengindikasikan bahwa populasi ikan yang tertangkap bersifat seragam dan didominasi oleh satu kelompok umur atau kohor. Pola distribusi ini mencerminkan karakter umum ikan pelagis kecil tropis yang cenderung memperlihatkan distribusi unimodal akibat dominasi satu kelompok rekrutmen pada periode penangkapan.

Hasil ini konsisten dengan berbagai penelitian di wilayah perairan Indonesia. Ginzel (2021) melaporkan bahwa ikan tembang di Teluk Kupang memiliki panjang 7,8–15,4 cm dengan ukuran dominan 9,8–11,0 cm, menunjukkan dominasi individu berukuran menengah sebagai hasil rekrutmen baru. Penelitian Mah Sinurat *et al.* (2022) di Muara Badak, Kalimantan Timur, menemukan kisaran panjang 8,2–14,6 cm dengan rata-rata 12,1 cm, dengan frekuensi tertinggi pada kelas 11–12 cm. Kesamaan pola distribusi ini memperlihatkan bahwa struktur ukuran ikan tembang pada berbagai perairan Indonesia relatif homogen, dengan kecenderungan dominasi individu berukuran menengah pada kisaran yang serupa.

Gambar 1:

Distribusi ukuran ikan tembang yang didaratkan di tempat pendaratan ikan Beba selama penelitian



Sumber: hasil analisis data

Penelitian pada berbagai wilayah perairan Indonesia bagian timur menunjukkan pola distribusi ukuran ikan tembang yang serupa. Ukuran ikan tembang di Selat Alas, Lombok Timur, tercatat berada pada kisaran 9,0–15,7 cm dengan rata-rata 12,4 cm (Suwartana *et al.*, 2016). Hasil temuan ini juga sejalan dengan penelitian di Perairan Rote, Laut Sawu, yang melaporkan kisaran ukuran 9,0–15,7 cm dengan ukuran modal 11–12 cm (Setiawan *et al.*, 2022). Konsistensi kisaran ukuran dominan tersebut memperlihatkan bahwa populasi ikan tembang di Indonesia cenderung stabil, dengan rata-rata panjang tangkapan umumnya berada pada 11–13 cm. Stabilitas ini mengindikasikan kesamaan kondisi lingkungan dan pola pertumbuhan pada ekoregion tropis bagian tengah dan timur Indonesia.

Kecenderungan dominasi satu kelas ukuran juga ditemukan di Selat Bali. Maharani (2017) mencatat panjang ikan tembang 9,5–14,0 cm dengan puncak frekuensi pada kelas 11,0–11,5 cm. Pola ini identik dengan hasil penelitian ini, baik dari segi rentang ukuran maupun kelas dominan. Keceragaman distribusi tersebut mencerminkan dinamika pertumbuhan ikan tembang yang relatif stabil pada perairan tropis, di mana sebagian besar individu berada pada ukuran menengah dengan sedikit variasi menuju ukuran lebih besar.

Pola distribusi ukuran ikan tembang sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan siklus hidup spesies yang tumbuh cepat dan berumur pendek. Hunnam *et al.* (2021) menjelaskan bahwa ikan pelagis kecil seperti *S. fimbriata* sangat sensitif terhadap perubahan musim dan tekanan penangkapan. Pada periode rekrutmen, ikan muda mendominasi sehingga sebaran panjang menjadi sempit dan berpuncak pada satu kelas ukuran. Fenomena serupa ditemukan oleh Putri *et al.* (2025) di PPN Pekalongan, dengan kisaran panjang 10,0–14,5 cm dan dominasi ukuran 11–12 cm.

Kisaran ukuran yang sama juga ditemukan di luar Indonesia. Data FAO (2003) untuk Teluk Thailand mencatat kisaran panjang 9-16 cm dengan rata-rata 12,5 cm. Kesamaan ini menegaskan bahwa ikan tembang di wilayah Indo Pasifik tropis memiliki pola distribusi ukuran yang relatif seragam didominasi ukuran kecil sampai menengah, dengan sebaran yang sempit di sekitar panjang rata-rata populasi. Berdasarkan berbagai penelitian tersebut, distribusi ukuran ikan tembang di Indonesia baik di wilayah barat, tengah, maupun timur, umumnya menunjukkan pola unimodal yang kuat dengan ukuran dominan 11–12 cm. Kondisi ini konsisten dengan hasil penelitian ini, di mana kelas ukuran

11,0–11,5 cm merupakan yang paling mendominasi (22,61%). Dominasi satu kelas ukuran mencerminkan struktur populasi yang stabil, meskipun tetap sensitif terhadap perubahan lingkungan dan peningkatan intensitas penangkapan (Kantun *et al.*, 2014; Kantun *et al.*, 2018). Oleh karena itu, pola distribusi ukuran sangat penting digunakan untuk menganalisis struktur populasi, proses rekrutmen, serta dinamika stok perikanan pelagis kecil di perairan tropis (Heriyana dan Kantun, 2025; Sugiarti dan Kantun, 2025; Ibrahim *et al.*, 2025).

Ukuran Pertama kali matang Gonad

Ukuran kematangan gonad ikan tembang dipisahkan berdasarkan jenis kelamin, seperti terlihat pada Tabel 1. Tabel 1 memperlihatkan bahwa ikan tembang betina lebih cepat matang gonad dibanding ikan jantan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran pertama kali matang gonad (*first maturity length*, Lm) ikan tembang (*Sardinella fimbriata*) berbeda antar jenis kelamin. Ikan tembang betina mencapai kematangan gonad pertama pada panjang 12,66 cm, sedangkan jantan pada panjang 13,02 cm, dengan rata-rata gabungan 12,89 cm. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa ikan tembang betina cenderung lebih cepat mencapai kematangan gonad dibandingkan jantan. Fenomena semacam ini mencerminkan adanya strategi reproduktif yang beragam antar-kelamin dalam merespons faktor lingkungan dan tekanan ekologis (Hunnam *et al.*, 2021, Kantun *et al.*, 2020; Muharam *et al.*, 2020).

Tabel 1.

Ukuran pertama kali matang gonad ikan tembang berdasarkan jenis kelamin

Jenis kelamin	Ukuran matang gonad (cm)		
	Interval 95%		Rataan
Betina	12,51	12,80	12,66
Jantan	12,84	13,21	13,02
Betina dan Jantan	12,69	12,92	12,80

Sumber: hasil analisis data

Ukuran pertama kali matang gonad (Lm) merupakan indikator penting untuk menentukan tahap awal reproduksi ikan, yaitu panjang minimum saat sekitar 50% individu

telah matang gonad (Kasmi *et al.*, 2017). Nilai Lm yang lebih kecil pada betina menunjukkan perbedaan strategi alokasi energi antar kelamin. Pada ikan pelagis kecil, betina memprioritaskan pematangan gonad lebih awal untuk menjamin keberhasilan reproduksi, sedangkan jantan cenderung menunda kematangan hingga mencapai ukuran lebih besar untuk meningkatkan peluang keberhasilan pemijahan (Ghosh *et al.*, 2013).

Hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian Ginzel (2021) di Teluk Kupang, yang melaporkan Lm betina berada pada panjang 12,5–13,0 cm dan jantan sedikit lebih besar. Putri *et al.* (2025) di Pekalongan juga menemukan Lm betina sekitar 12,8 cm dan jantan 13,1 cm. Kesamaan pola ini menunjukkan bahwa betina *S. fimbriata* cenderung matang lebih awal dibandingkan jantan, dengan variasi kecil akibat kondisi lingkungan. Variasi Lm antar lokasi juga dilaporkan oleh Sinurat *et al.* (2022) di Muara Badak (12,5–13,2 cm), Maharani (2017) di Selat Bali ($\pm 13,5$ cm), dan Ghosh *et al.* (2013) di India (13,0–14,0 cm). Perbedaan tersebut menegaskan bahwa Lm sangat dipengaruhi faktor ekologis seperti suhu, pakan, kepadatan stok, dan tekanan penangkapan.

Kematangan lebih awal pada betina dapat dipandang sebagai strategi adaptif. Sebagai ikan pelagis kecil dengan umur pendek dan pertumbuhan cepat (Hunnam *et al.*, 2021), reproduksi dini memberi peluang bagi betina untuk sempat memijah sebelum mengalami mortalitas alami atau akibat penangkapan, meskipun jumlah telur yang dihasilkan lebih sedikit (Ginzel, 2021). Perbedaan Lm antar kelamin juga dipengaruhi faktor fisiologis. Aktivitas hormon gonadotropin dan steroid ovarium yang lebih cepat pada betina mempercepat pembentukan oosit, sedangkan hormon androgen pada jantan meningkat setelah ukuran tubuh mencapai level tertentu untuk memaksimalkan produksi sperma (Irsandi & Kantun, 2025). Kondisi ini menjelaskan mengapa betina *S. fimbriata* matang lebih cepat dibandingkan jantan. Lm memiliki peran strategis sebagai dasar penetapan ukuran minimum tangkap. Ikan jantan matang pada ukuran lebih besar, kebijakan ukuran layak tangkap harus mempertimbangkan kedua nilai Lm agar kedua kelamin sempat bereproduksi dan produktivitas populasi tetap terjaga (Putri *et al.*, 2025; Ghosh *et al.*, 2013).

Ukuran Layak Tangkap

Hasil pengukuran terhadap 637 ikan tembang (*Sardinella fimbriata*) menunjukkan panjang total berkisar 10–14,5 cm dengan rata-rata $12,029 \pm 0,926$

cm untuk gabungan jantan dan betina. Analisis kematangan gonad memperlihatkan bahwa ukuran pertama kali matang gonad (Lm) adalah 12,66 cm untuk betina, 13,02 cm untuk jantan, dan 12,89 cm untuk gabungan. Perbandingan antara panjang rata-rata ikan tertangkap dan nilai Lm menunjukkan bahwa sebagian besar ikan tembang yang tertangkap masih berada di bawah ukuran matang gonad, sehingga belum memberikan kontribusi penuh terhadap proses reproduksi alami.

Nilai Lm dalam pengelolaan perikanan menjadi acuan penentuan ukuran layak tangkap (Lc), yaitu panjang minimum yang harus melebihi Lm sekitar 1,1–1,2 kali (Sparre & Venema, 1999; Kantun *et al.*, 2022). Mengacu pada hasil penelitian ini, Lc ideal ikan tembang berada pada kisaran 14,2–15,5 cm. Ukuran rata-rata tangkapan yang hanya 12,029 cm mengindikasikan adanya eksploitasi terhadap ikan muda yang belum memijah. Kondisi ini berpotensi menurunkan biomassa indukan (spawning stock biomass) dan melemahkan proses rekrutmen alami (Ghosh *et al.*, 2013). Hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian Putri *et al.* (2025) di Pekalongan, Ginzel (2021) di Teluk Kupang, dan Sinurat *et al.* (2022) di Muara Badak, yang sama-sama menunjukkan bahwa sebagian besar ikan tembang yang tertangkap berada di bawah ukuran matang gonad. Pada berbagai wilayah, Lm umumnya berkisar 12,7–13,2 cm, sedangkan panjang tangkapan dominan berada di bawah 13 cm. Fenomena serupa juga dilaporkan oleh Maharani (2017) di Selat Bali, yang memperlihatkan dominasi ikan belum dewasa dalam hasil tangkapan.

Ketidaksesuaian antara ukuran rata-rata tangkapan dan ukuran pertama kali matang gonad menunjukkan indikasi growth overfishing, yaitu penangkapan sebelum ikan mencapai ukuran biologis optimal (Sparre & Venema, 1999). Perbedaan Lm antara jantan dan betina juga memberi implikasi biologis penting; betina yang matang lebih cepat (12,66 cm) dibandingkan jantan (13,02 cm) mencerminkan pola umum ikan tropis yang mempercepat kesiapan reproduksi (Hunnam *et al.*, 2021). Karena itu, penerapan ukuran layak tangkap sedikit di atas Lm jantan, yakni sekitar 15 cm, lebih menjamin keberlanjutan stok. Ukuran tangkapan yang berada di bawah 14 cm mengindikasikan tekanan penangkapan

tinggi terhadap kelompok ikan muda. Oleh sebab itu, penetapan ukuran tangkap minimum di atas 14 cm perlu dipertimbangkan sebagai langkah konservatif, termasuk pengaturan ukuran mata jaring, pembatasan musim penangkapan, dan perlindungan daerah pemijahan (King, 2007; Kantun, 2020; Kantun dan Latief, 2024). Pendekatan ini memungkinkan ikan tembang memijah setidaknya satu kali sebelum tertangkap dan menjadi dasar pengelolaan berkelanjutan terhadap stok ikan tembang di perairan Indonesia.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ikan tembang yang tertangkap didominasi ukuran kecil, terutama pada kelas 11,0–11,5 cm. Jika dibandingkan dengan ukuran pertama kali matang gonad, rata-rata panjang tangkapan (12,09 cm) mengindikasikan bahwa sebagian besar ikan belum mencapai kematangan reproduktif. Oleh karena itu, ukuran layak tangkap idealnya ditetapkan ≥ 14 cm agar ikan memiliki kesempatan memijah sebelum tertangkap. Penetapan batas ukuran ini penting untuk menjaga keseimbangan antara kelestarian stok dan keberlanjutan produktivitas perikanan.

V. REFERENSI

- Effendie, M.I. (1997). Biologi Perikanan. Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta.
- Fan, W., Jian, Z., Chu, Z., Dang, H., Wang, Y., Bassinot, F., Han, X., & Bian, Y. (2018). Variability of the Indonesian Throughflow in the Makassar Strait. *Scientific Reports*, 8(1), 5678
- FAO. (2003). The Ecosystem Approach to Fisheries. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries No. 4, Suppl. 2. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Ghosh, S., Rohit, P., & Gopalakrishnan, A. (2013). Reproductive biology and population characteristics of *Sardinella* spp. along the Indian coast. *Indian Journal of Fisheries*, 60(4), 27–32.
- Ginzel, F. I. (2021). Aspek biologi reproduksi ikan tembang (*Sardinella fimbriata*) selama musim barat di perairan Teluk Kupang. *Jurnal Bahari Papadak*, 2(2), 171-177
- Hasanah, A., Subhan, U., & Rahmadani, R. (2019). Pertumbuhan dan mortalitas ikan tembang (*Sardinella fimbriata*) di Muara Badak, Kalimantan Timur. *Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan Tropis*, 11(2), 75–82.
- Heriyana dan Kantun, W. (2025). Biological Characteristics and Feeding Dynamics of Indo Pacific Tarpon (*Megalops cyprinoides* Broussonet 1782) in Estuarine Waters of North Kalimantan, Indonesia. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*. 27 (11): 131-141.
- Hunnam, K., Evans, L., Fabinyi, M., & Barclay, K. (2021). The biology and ecology of tropical marine sardines: Synthesis and knowledge gaps. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 31(3), 543–563.
- Ibrahim., Dananjaya, W.K., dan Moka, W.J.C. (2025). Size and growth of the threadfin bream (*Nemipterus japonicus* Bloch, 1791) which was caught in the fishing apartment in Kire Waters Central Mamuju. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*. 50-56
- Irsandi, & Kantun, W. (2025). Variation in Growth Patterns and Condition Factors of Fringe Scale *Sardinella* (*Sardinella fimbriata*) Based on the Moon Phase in Takalar Waters, Makassar Strait. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 18(1), 289–295
- Kantun, W., Mallawa, A. dan Nuraeni, L.R. (2014). struktur ukuran dan jumlah tangkapan tuna madidihang menurut waktu penangkapan dan kedalaman di Perairan Majene Selat Makassar. *SAINTEK PERIKANAN: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*. 9 (2): 39-48
- Kantun, W., Kasmi, M., Hadi, S., Sugiarti, A. (2018). Reproductive biology of Indian mackerel *Rastreliger kanagurta* (Cuvier , 1816) in Makassar coastal waters, South Sulawesi, Indonesia. *AACL Bioflux*. 11 (4): 1183-1192
- Kantun, W., Daris, L dan Arsana, I.W.S. (2018). Komposisi jenis dan ukuran ikan yang ditangkap pada rumpon dengan pancing ulur di Selat Makassar. *Marine Fisheries: Journal of Marine Fisheries Technology and Management*. 9 (2): 157-167

- Kantun, W. (2020). Biologi Perikanan dan Aspek Pengelolaan. IPB Press. 255 hal.
- Kantun, W., Cahyoni, I. dan Kabangga, A. (2020). Nisbah kelamin dan ukuran pertama kali matang gonad ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Perairan Mamuju Selat Makassar. Seminar Nasional Dalam Rangka Dies Natalis Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan tahun 2020. 129-138
- Kantun, W dan Moka, W.J.C. (2022). Some aspects of the reproductive of Japanese threadfin bream (*Nemipterus japonicus* Bloch, 1791) caught in the area around the artificial reef in the Pitu Sunggu Waters of the Makassar Strait. Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada. 2 (4): 147-153
- Kantun, W., Mulyawan, A.E. dan Mahyuddin, H. (2022). Reproductive Biodynamics of Short Mackerel (*Rastreliger brachyoma* Bleeker, 1851) in the Northern Waters Makassar Strait, Indonesia. Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada. 24 (2): 123-127
- Kantun, W. dan Latief, N. (2024). Population structure of vermiculated spinefoot (*Siganus vermiculatus* Valenciennes, 1835) in the waters of Makassar Strait' Indonesia. Asian Journal of Fisheries and Aquatic Redearchh. 26 (6): 17-28
- Kasmi, M., Hadi, S., dan Kantun, W. (2017). Biologi reproduksi ikan kembung lelaki *Rastreliger kanagurta* (Cuvier, 1816) di perairan pesisir Takalar, Sulawesi Selatan. Jurnal Iktiologi Indonesia. 17 (3): 259-271
- King, M. (2007). Fisheries Biology, Assessment and Management (2nd ed.). Blackwell Publishing, Oxford.
- Lisu, F., Kurnia, R., & Yulianda, F. (2020). Growth and exploitation rate of fringescale sardine (*Sardinella fimbriata*) in Rote Island, Savu Sea. Aquatic Science & Management Journal, 8(1), 23–31.
- Maharani, F. (2017). Analisis dinamika populasi ikan tembang (*Sardinella fimbriata*) di Perairan Selat Bali (UPT PP Muncar, Banyuwangi, Jawa Timur). Universitas Brawijaya, Malang.
- Muharam, N., Kantun, W., dan Moka, W.J.C. (2020). Indeks kematangan gonad dan ukuran pertama kali matang gonad ikan selar bentong (*Selar crumenophthalmus* Bloch, 1793) di Perairan Kwandang, Gorontalo Utara. SIGANUS: Journal of Fisheries and Marine Science. 2 (2): 74-79.
- Muslim, A., Kantun, W. dan Nursyahrhan. (2024). Keberlanjutan sumberdaya akuatik pada kawasan ekowisata mangrove Lantebung Makassar. Journal of Indonesian Tropical Fisheries. 7 (2): 240-153
- Nurdin, M., Rahim, A., & Arifin, M. (2019). Rekayasa teknologi pengolahan ikan tembang (*Sardinella fimbriata*) menjadi produk olahan bernilai tambah. Jurnal Joint-Fish, 5(2), 45–54
- Putri, R. S., Surianti, Hasrianti, B., Damis, & Muhammad, F. (2021). Distribution of small pelagic fish in the Makassar Strait in relation to oceanographic parameters. Jurnal IPTEKS Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, 8(1), 11–19.
- Putri, R. S., Arifin, M. Z., & Hidayat, R. (2025). Several reproductive and morphometric aspects of fringescale sardine (*Sardinella fimbriata*) from Pekalongan National Fishing Port, Central Java. Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries, 29(2), 227–240.
- Setiawan, D., Wicaksono, A., & Lewerissa, H. (2022). Growth and mortality, recruitment and exploitation rate of fringescale sardinella (*Sardinella fimbriata*) in Rote Island, Savu Sea. AACL Bioflux, 15(6), 2783–2794.
- Sinurat, M. M., Suyatna, I., & Ramang, M. S. (2022). Pertumbuhan, mortalitas, dan laju eksploitasi ikan tembang (*Sardinella fimbriata*) di perairan Muara Badak, Kalimantan Timur. Tropical Aquatic Sciences, 1(2), 77–86.
- Sparre, P., & Venema, S. C. (1999). Introduction to Tropical Fish Stock Assessment, Part 1: Manual. FAO Fisheries Technical Paper No. 306/1, Rev. 2. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Sudirman, S., Nasrullah, R., & Abdullah, H. (2021). Efektivitas ikan tembang sebagai umpan hidup dalam perikanan tuna di perairan Larantuka. Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis, 17(2), 101–108

- Sugiarti, A dan Kantun, W. (2025). Assessment of Fish Species Composition and Biodiversity in the Bioreeftek Installation Area of the Makassar Strait, Indonesia. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*. 27 (6): 68-75
- Suwartana, I. G. P., Merta, I. G. S., & Ruchimat, T. (2016). Growth parameter and fecundity of fringe scale sardine (*Sardinella fimbriata*) in Alas Strait, East Lombok, West Nusa Tenggara. *Journal of Experimental Life Science*, 6(2), 101–108.
- Udupa KS. 1986. Statistical method of estimating the size at first maturity in fishes. *Fishbyte*, 4(2): 8-10.
- Wijayanto, D. (2020). The multi-species fisheries model of fringescale sardine (*Sardinella fimbriata*) in Indonesian waters. *Romanian Journal of Fisheries Science*, 28(3), 55–62