

**KARAKTERISTIK REPRODUKSI KERANG LOKAN (*Geloina erosa*)
BERDASARKAN INDEKS DAN TINGKAT KEMATANGAN GONAD
DI MUARA JENGGALU, KOTA BENGKULU**

Reproductive Characteristics of the Mangrove Clam (*Geloina erosa*) Based on Gonad Maturity Index and Gonad Development Stages in the Jenggalu Estuary, Bengkulu

Nella Tri Agustini^{1*}, Firdha Iresta Wardani¹, Ayub Sugara¹, Anggini Fuji Astuti¹

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu

*Corresponding author: nellatriagustini@unib.ac.id

ABSTRAK

Kerang lokan *Geloina erosa* merupakan bivalvia bernilai ekonomis yang banyak dimanfaatkan di Muara Jenggalu, Kota Bengkulu. Peningkatan eksploitasi tanpa memperhatikan kondisi reproduksi berpotensi mengancam keberlanjutan populasinya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik reproduksi *G. erosa* berdasarkan Indeks Kematangan Gonad (IKG) dan Tingkat Kematangan Gonad (TKG). Pengambilan sampel dilakukan pada Mei–Oktober 2023 di ekosistem mangrove Muara Jenggalu. Sampel dikumpulkan secara manual saat kondisi surut, selanjutnya dibawa ke Laboratorium Perikanan, Universitas Bengkulu untuk analisis lebih lanjut. Gonad diamati secara morfologis dan mikroskopis (100×–400×) untuk menentukan jenis kelamin dan tingkat kematangan gonad. Nilai IKG dihitung sebagai perbandingan berat gonad terhadap berat tubuh total. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai IKG pada betina berkisar 0,145–0,538 (rata-rata 0,336) dan jantan 0,048–0,931 (rata-rata 0,325), yang menunjukkan perkembangan gonad relatif sinkron. Distribusi TKG didominasi TKG I pada jantan dan TKG II pada betina, dengan variasi TKG I–III. Hal ini mengindikasikan bahwa aktivitas reproduksi yang berlangsung secara terus menerus sepanjang tahun.

Kata Kunci: *Geloina erosa*, reproduksi, ekosistem mangrove, Muara Jenggalu.

ABSTRACT

*The mangrove clam *Geloina erosa* is an economically important bivalve widely utilized in the Jenggalu Estuary, Bengkulu City, Indonesia. Increasing exploitation without considering reproductive conditions may threaten the sustainability of its population. This study aimed to analyze the reproductive characteristics of *G. erosa* based on the Gonadosomatic Index (GSI) and gonadal development stages. Sampling was conducted from May to October 2023 in the mangrove ecosystem of the Jenggalu Estuary. Specimens were collected manually during low tide and transported to the Fisheries Laboratory, University of Bengkulu for further analysis. Gonads were examined morphologically and microscopically (100×–400× magnification) to determine sex and gonadal development stages. The GSI was calculated as the ratio of gonad weight to total body weight. The results showed that GSI values ranged from 0.145–0.538 (mean 0.336) in females and 0.048–0.931 (mean 0.325) in males, indicating relatively synchronous gonadal development. The distribution of gonadal stages was dominated by Stage I in males and Stage II in females, with stages ranging from I to III. These findings indicate continuous reproductive activity throughout the year.*

Keywords: *Geloina erosa, reproduction, mangrove ecosystem, Jenggalu Estuary.*

PENDAHULUAN

Kerang lokan (*Geloina erosa*) merupakan salah satu jenis bivalvia yang hidup di ekosistem mangrove dan memiliki nilai ekonomis tinggi. Spesies ini banyak dimanfaatkan oleh masyarakat pesisir sebagai sumber protein dan mata pencaharian, termasuk di kawasan Muara Jenggalu, Kota Bengkulu. Tingginya permintaan terhadap kerang lokan sebagai bahan konsumsi menyebabkan tingkat pemanfaatannya terus meningkat dari waktu ke waktu. Kondisi ini berpotensi menimbulkan tekanan terhadap populasi alami, berpotensi menurunkan ketersediaan stok di ekosistem, terutama apabila aktivitas penangkapan dilakukan tanpa mempertimbangkan aspek keberlanjutan sumber daya (FAO, 2020; Agustini *et al.*, 2024).

Eksplorasi yang tidak terkendali dapat menyebabkan penurunan ukuran populasi, terganggunya struktur umur, serta berkurangnya kemampuan reproduksi. Salah satu faktor penting yang berperan dalam menjaga keberlanjutan populasi adalah keberhasilan proses reproduksi. Oleh karena itu, informasi mengenai kondisi reproduksi suatu spesies menjadi sangat penting sebagai dasar dalam pengelolaan sumber daya perikanan yang berkelanjutan (King, 2007; FAO, 2020). Dalam konteks pemanfaatan kerang lokan, penangkapan yang tidak mempertimbangkan tingkat kematangan gonad berpotensi mengganggu keberlangsungan populasi. Penangkapan individu sebelum mencapai kematangan gonad dapat mengurangi potensi rekrutmen alami. Apabila kondisi ini berlangsung secara terus-menerus, maka dalam jangka panjang dapat menyebabkan penurunan stok dan mengancam kelestarian populasi di alam (Gosling, 2003; Quinn & Deriso, 1999; Myers & Barrowman, 1996).

Salah satu pendekatan yang umum digunakan untuk mengkaji kondisi reproduksi bivalvia adalah melalui analisis Indeks Kematangan Gonad (IKG) dan Tingkat Perkembangan Gonad (TKG). Indeks Kematangan Gonad (IKG) merupakan parameter kuantitatif yang menunjukkan perbandingan antara berat gonad dan berat tubuh total, sehingga dapat menggambarkan tingkat perkembangan gonad secara fisiologis (Effendie, 2002). Metode ini banyak digunakan dalam berbagai studi reproduksi bivalvia untuk mengevaluasi aktivitas pemijahan dan dinamika reproduksi (Ruiz *et al.*, 1992). Tingkat kematangan gonad memberikan informasi mengenai tahapan perkembangan sel gonad, mulai dari tahap awal hingga siap memijah (Sastry, 1979). Kombinasi kedua parameter ini dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai siklus reproduksi suatu organisme. Analisis IKG dan tingkat kematangan gonad juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola reproduksi yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (Darriba *et al.*, 2019).

Tingkat kematangan gonad memberikan informasi mengenai tahapan perkembangan sel gonad, mulai dari tahap awal hingga siap memijah (Sastry, 1979). Kombinasi kedua parameter ini dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai siklus reproduksi suatu organisme. Analisis Indeks Kematangan Gonad (IKG) dan tingkat kematangan gonad juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola reproduksi yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, seperti suhu dan ketersediaan makanan yang berperan dalam mengatur siklus perkembangan sel reproduksi (gamet) pada bivalvia (Jaramillo *et al.*, 2022).

Penelitian pada bivalvia mangrove menunjukkan bahwa perkembangan

gonad antara jantan dan betina cenderung berlangsung secara sinkron, serta pemijahan dapat terjadi sepanjang tahun dengan puncak tertentu yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (Bahtiar *et al.*, 2023; Idris *et al.*, 2017). Selain itu, variasi tingkat kematangan gonad dalam suatu populasi juga menunjukkan adanya strategi reproduksi bertahap yang mendukung keberlanjutan populasi. Penelitian mengenai aspek biologi kerang lokan di Muara Jenggalu sebelumnya lebih banyak difokuskan pada parameter pertumbuhan, seperti hubungan panjang dan berat. Meskipun informasi tersebut penting, kajian mengenai aspek reproduksi, khususnya yang berkaitan dengan kematangan gonad, masih relatif terbatas. Padahal, informasi ini sangat penting dalam mendukung pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan, terutama dalam menentukan ukuran tangkap minimum dan periode penangkapan yang sesuai dengan siklus reproduksi.

Ekosistem mangrove sebagai habitat utama *Geloina erosa* juga memiliki peranan penting dalam mendukung keberlangsungan hidup dan reproduksi spesies ini. Lingkungan mangrove menyediakan sumber makanan berupa bahan organik serta kondisi habitat yang stabil bagi perkembangan gonad dan pemijahan. Oleh karena itu, studi mengenai karakteristik reproduksi kerang lokan di kawasan mangrove Muara Jenggalu menjadi penting untuk memahami dinamika populasi dan potensi reproduksi spesies ini.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk

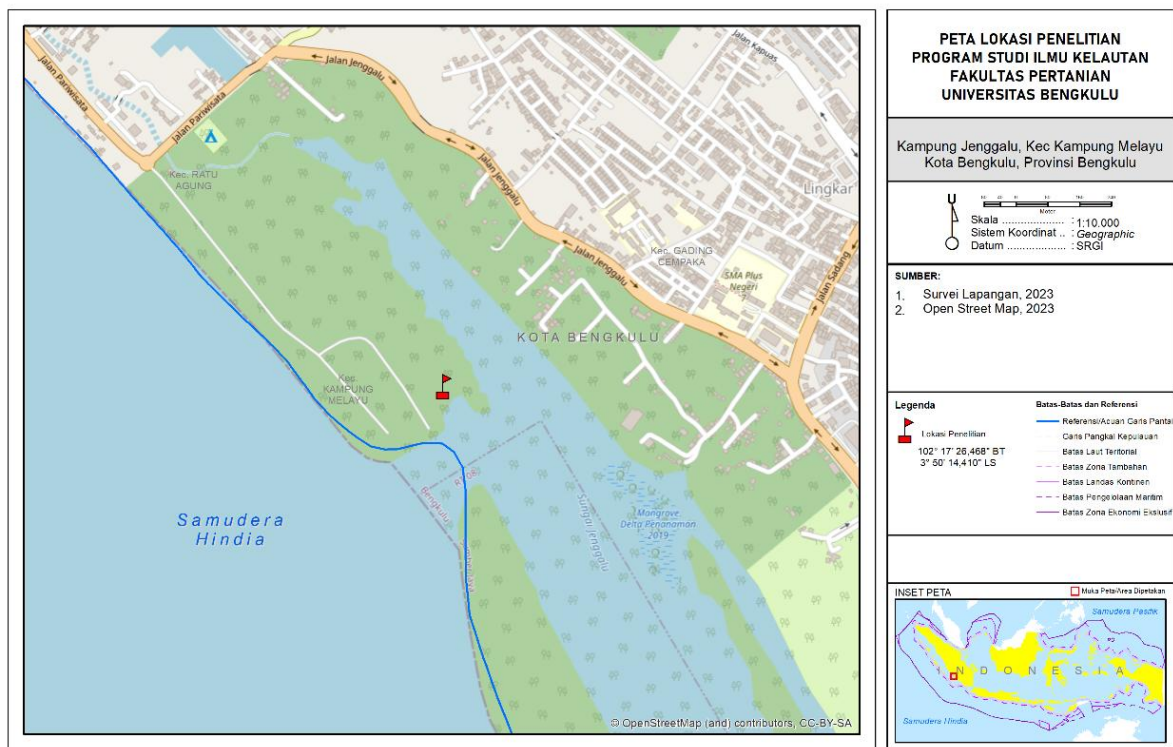
menganalisis karakteristik reproduksi kerang lokan (*Geloina erosa*) berdasarkan nilai Indeks Kematangan Gonad (IKG) dan Tingkat Kematangan Gonad (TKG) di Muara Jenggalu, Kota Bengkulu. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai kondisi reproduksi, pola perkembangan gonad, serta potensi reproduksi dalam populasi kerang lokan.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam pengelolaan dan pemanfaatan kerang lokan secara berkelanjutan. Selain itu, informasi yang diperoleh juga dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan kebijakan pengelolaan, seperti pengaturan ukuran tangkap minimum dan periode penangkapan yang sesuai dengan siklus reproduksi, sehingga keberlanjutan sumber daya kerang lokan di Muara Jenggalu dapat tetap terjaga.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai Oktober 2023 di kawasan mangrove Muara Jenggalu, Kota Bengkulu. Pengambilan sampel dilakukan pada kondisi air laut surut, untuk memudahkan pengambilan kerang lokan (*Geloina erosa*). Selanjutnya, sampel akan dianalisis lebih lanjut di Laboratorium Perikanan Universitas Bengkulu, meliputi: (1) Menentukan Indeks Kematangan Gonad (IKG) dan (2) Menentukan Tingkat Kematangan Gonad (TKG). Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (Agustini et al. 2024)

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan sampel kerang lokan yang diperoleh dari Muara Jenggala sebagai bahan utama analisis. Alat yang digunakan meliputi timbangan analitik dengan ketelitian 0,01 g untuk mengukur berat total individu dan berat gonad, serta seperangkat alat bedah (pisau bedah, pinset, dan gunting bedah) untuk membuka cangkang dan mengamati kondisi gonad. Penentuan IKG dilakukan dengan mengukur berat gonad dan berat total individu menggunakan timbangan analitik, sedangkan identifikasi TKG dilakukan melalui proses pembedahan menggunakan alat bedah untuk mengamati perkembangan gonad secara morfologis.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode survei dengan pendekatan deskriptif kuantitatif. Penentuan lokasi penelitian dilakukan secara purposive sampling, yaitu memilih kawasan mangrove Muara Jenggala yang diketahui

sebagai habitat kerang lokan (*Geloina erosa*).

Pengambilan Sampel Kerang Lokan

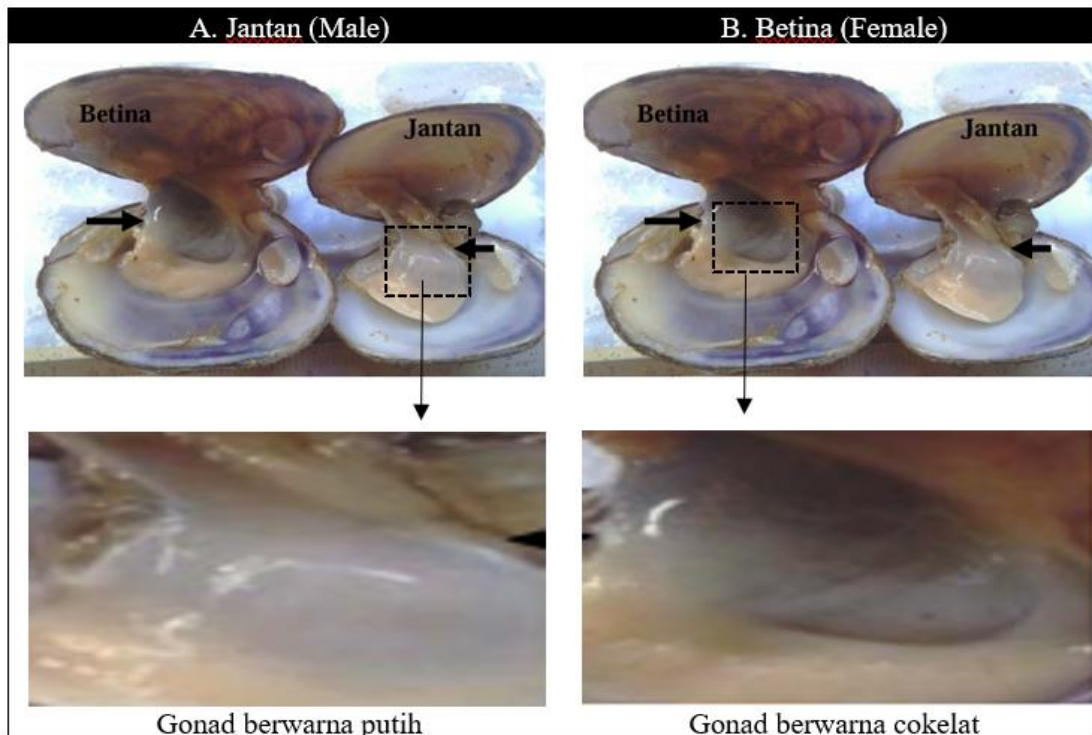
Pengambilan sampel kerang lokan (*Geloina erosa*) dilakukan di kawasan mangrove Muara Jenggala, Kota Bengkulu. Seluruh individu kerang lokan yang ditemukan pada area pengamatan diambil sebagai sampel penelitian secara langsung di lapangan. Pengambilan dilakukan secara manual dengan tangan atau menyekop substrat hingga kedalaman 15–20 cm. Sampel yang diperoleh selanjutnya dianalisis di Laboratorium Perikanan Universitas Bengkulu untuk menentukan Tingkat Kematangan Gonad (TKG), dan Indeks Kematangan Gonad (IKG).

Pengamatan Gonad dan Penentuan Jenis Kelamin

Penentuan jenis kelamin dilakukan dengan membuka cangkang kerang dan mengamati warna gonad. Gonad jantan ditandai dengan warna putih

susu, sedangkan gonad betina ditandai dengan warna coklat (Bahtiar, 2012). Pengamatan ini juga digunakan sebagai

tahap awal dalam analisis kematangan gonad.



Gambar 2. Perbedaan gonad kerang jantan (A) dan betina (B) berdasarkan warna gonad (dimodifikasi dari Bahtiar, 2012).

Penentuan Tingkat Kematangan Gonad (TKG)

Tingkat Kematangan Gonad (TKG) ditentukan berdasarkan perkembangan sel gonad melalui pengamatan mikroskopis dengan perbesaran 100× dan 400× (Bahtiar, 2017). Tingkat kematangan gonad diklasifikasikan ke dalam beberapa tahap berdasarkan perkembangan morfologi gonad (Bahtiar, 2012; Brouseau, 1987).

Analisis Indeks Kematangan Gonad (IKG)

Indeks Kematangan Gonad (IKG) dihitung dengan membandingkan berat gonad terhadap berat tubuh total (Illanes et al., 1985), yang digunakan untuk mengetahui tingkat perkembangan gonad pada setiap individu. Nilai IKG diperoleh dari perbandingan antara berat gonad

dengan berat tubuh total, menggunakan rumus:

$$IKG = \frac{\text{Berat Gonad}}{\text{Berat Tubuh}} \times 100 \%$$

Analisis Tingkat Kematangan Gonad (TKG)

Penentuan Tingkat Kematangan Gonad (TKG) dilakukan secara morfologis berdasarkan ciri warna, ukuran, dan tekstur gonad. Kematangan gonad diklasifikasikan ke dalam beberapa tahap perkembangan.

Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif untuk melihat distribusi Tingkat Kematangan Gonad (TKG) dan nilai Indeks Kematangan Gonad (IKG). Seluruh data diolah menggunakan Microsoft Excel dan disajikan dalam

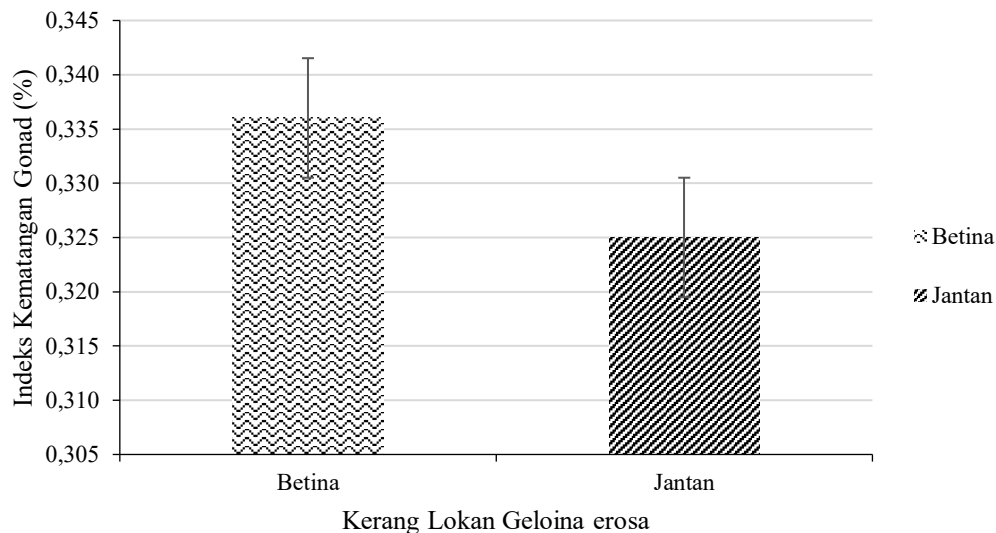
bentuk grafik untuk mempermudah interpretasi hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan Indeks Kematangan Gonad (IKG)

Tingkat perkembangan gonad kerang lokan (*Geloina erosa*) pada jantan

dan betina menunjukkan pola yang relatif sama, meskipun terdapat perbedaan pada nilai indeksnya. Nilai IKG kerang lokan betina berkisar antara 0,145–0,538 dengan rata-rata 0,336, sedangkan pada jantan berkisar antara 0,048–0,931 dengan rata-rata 0,325 (Gambar 1).



Gambar 3. Indeks Kematangan Gonad (IKG) berdasarkan Jenis Kelamin

Secara umum, nilai rata-rata IKG betina sedikit lebih tinggi dibandingkan jantan. Namun, perbedaan tersebut relatif kecil, sehingga menunjukkan bahwa nilai indeks kematangan gonad antara jantan dan betina cenderung tidak berbeda nyata pada saat pengambilan sampel. Hal ini mengindikasikan bahwa aktivitas reproduksi pada kedua jenis kelamin berlangsung dalam periode yang relatif sama. Meskipun demikian, rentang nilai IKG pada jantan yang lebih luas serta nilai maksimum yang lebih tinggi menunjukkan adanya variasi perkembangan gonad yang lebih besar pada individu jantan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sebagian individu jantan telah mencapai tahap kematangan yang lebih lanjut, sementara individu lainnya masih berada pada tahap perkembangan awal. Sebaliknya, nilai IKG betina yang lebih sempit

menunjukkan perkembangan gonad yang relatif lebih seragam.

Perbedaan ini sejalan dengan karakteristik reproduksi bivalvia, yang menunjukkan bahwa proses gametogenesis antara jantan dan betina tidak selalu berlangsung secara sinkron. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh perbedaan kebutuhan energi dalam pembentukan gamet. Oogenesis pada betina memerlukan energi lebih besar karena terkait dengan akumulasi cadangan nutrisi pada oosit, sedangkan spermatogenesis pada jantan relatif lebih sederhana (Mincarelli *et al.*, 2023; Safitri *et al.*, 2026).

Di sisi lain, pola perubahan nilai IKG pada kedua jenis kelamin yang relatif serupa menunjukkan bahwa secara populasi, perkembangan gonad tetap berlangsung dalam periode yang berdekatan. Hal ini mengindikasikan

adanya kecenderungan sinkronisasi reproduksi yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Faktor-faktor seperti suhu, salinitas, dan ketersediaan makanan diketahui berperan penting dalam mengatur siklus reproduksi bivalvia. Suhu, khususnya, menjadi faktor utama yang mengontrol perkembangan gonad dan waktu pemijahan, sementara ketersediaan makanan mendukung proses pematangan gonad melalui suplai energi (Guo *et al.*, 2026; Zhang *et al.*, 2020).

Selain itu, ketersediaan energi dari lingkungan juga berpengaruh terhadap perkembangan gonad. Bivalvia memanfaatkan makanan, terutama fitoplankton, sebagai sumber energi untuk pertumbuhan dan reproduksi. Peningkatan ketersediaan makanan dapat mempercepat proses pematangan gonad dan meningkatkan nilai IKG (Bayne, 1976; Bayne & Newell, 1983; Kennedy *et al.*, 1996). Sinkronisasi relatif antara jantan dan betina ini merupakan strategi reproduksi yang penting untuk meningkatkan peluang fertilisasi eksternal (Sastry, 1979).

Nilai IKG dapat digunakan sebagai indikator aktivitas reproduksi, di mana peningkatan nilai IKG menunjukkan proses pematangan gonad, sedangkan penurunan setelah mencapai puncak mengindikasikan terjadinya pemijahan. Oleh karena itu, fluktuasi nilai IKG dapat menggambarkan dinamika perkembangan gonad pada kerang lokan. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa IKG merupakan parameter yang efektif dalam mengamati aktivitas reproduksi pada moluska (Pratiwi *et al.*, 2019; Fahmia *et al.*, 2020).

Hasil ini juga sejalan dengan penelitian pada bivalvia lain di ekosistem mangrove yang menunjukkan bahwa perubahan nilai IKG berkaitan erat dengan siklus pematangan gonad dan pemijahan yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Pada ekosistem mangrove,

fluktuasi parameter lingkungan seperti salinitas, suhu, dan ketersediaan bahan organik cenderung lebih dinamis, sehingga berpengaruh terhadap pola reproduksi organisme bentik seperti kerang lokan. Pola IKG yang relatif sama antara jantan dan betina menunjukkan bahwa proses reproduksi terjadi secara bersamaan, sehingga dapat meningkatkan keberhasilan pemijahan di alam (Sastry, 1979; Gosling, 2003).

Tingkat Kematangan Gonad (TKG)

Berdasarkan hasil penelitian di Muara Jenggalu, Kota Bengkulu, kerang lokan (*Geloina erosa*) jantan yang diamati terdiri atas TKG I sebanyak 24 individu, TKG II sebanyak 20 individu, dan TKG III sebanyak 12 individu. Sementara itu, pada kerang lokan betina ditemukan TKG I sebanyak 6 individu, TKG II sebanyak 17 individu, dan TKG III sebanyak 13 individu. Distribusi tersebut menunjukkan bahwa tingkat kematangan gonad pada jantan didominasi oleh TKG I, sedangkan pada betina didominasi oleh TKG II. Perbedaan ini menunjukkan adanya perbedaan perkembangan gonad antara jantan dan betina pada saat pengambilan sampel.

Hasil ini berbeda dengan penelitian Putri *et al.* (2024) di Muara Anai, Kota Padang, yang melaporkan bahwa kerang lokan jantan didominasi oleh TKG III dan TKG IV, sedangkan pada betina didominasi oleh TKG I dan TKG II. Perbedaan tersebut diduga berkaitan dengan kondisi lingkungan yang berbeda antar lokasi, seperti suhu, salinitas, dan ketersediaan makanan yang memengaruhi siklus reproduksi bivalvia.

Secara keseluruhan, kerang lokan di Muara Jenggalu menunjukkan variasi tingkat kematangan gonad yang cukup beragam, yaitu dari TKG I hingga TKG III. Variasi ini menunjukkan bahwa populasi berada dalam kondisi reproduktif aktif. Keberadaan individu pada berbagai tingkat kematangan dalam satu waktu

mengindikasikan bahwa proses pemijahan diduga berlangsung secara bertahap atau kontinu. Selain itu, ditemukannya individu berukuran kecil (≤ 35 mm) menunjukkan adanya proses rekrutmen dalam populasi. Hal ini memperkuat dugaan bahwa *Geloina erosa* di Muara Jenggalu memiliki pola reproduksi yang berlangsung sepanjang tahun. Hasil ini sejalan dengan penelitian pada bivalvia lain yang menunjukkan bahwa variasi tingkat kematangan gonad dalam suatu populasi dapat mengindikasikan adanya pola pemijahan yang berlangsung secara bertahap (Sastry, 1979; Gosling, 2003; Broom, 1985). Jika dikaitkan dengan nilai Indeks Kematangan Gonad (IKG), rata-rata IKG jantan dan betina yang relatif tidak berbeda menunjukkan bahwa secara umum perkembangan gonad kedua jenis kelamin berada pada kisaran yang serupa. Namun demikian, distribusi TKG yang berbeda antara jantan dan betina mengindikasikan adanya heterogenitas tahapan kematangan gonad pada tingkat individu.

Berdasarkan nilai IKG dan distribusi TKG, meskipun perkembangan gonad pada jantan dan betina relatif seimbang, tahapan kematangan gonad tidak berlangsung secara seragam. Hal ini memperkuat dugaan bahwa proses reproduksi pada populasi *Geloina erosa* di Muara Jenggalu terjadi secara bertahap dan tidak serentak.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, N. T., Suci, A. N. N., Wardani, F. I., Wilopo, M. D., Sari, Y. P., & Mahfudz, A. A. (2024). Pola Pertumbuhan Kerang Lokan *Geloina erosa*, Solander 1786 di Muara Jenggalu Kota Bengkulu. *Jurnal Enggano*, 9(2), 226-232.
- Bahtiar. 2012. Studi Bioekologi dan Dinamika Populasi Pokea (*Batissa violacea* var. *celebensis*, von

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, nilai IKG kerang lokan (*Geloina erosa*) jantan dan betina relatif seimbang, meskipun terdapat perbedaan rentang nilai. Distribusi TKG menunjukkan dominasi TKG I pada jantan dan TKG II pada betina, dengan variasi tingkat kematangan dari TKG I hingga TKG III. Hal ini mengindikasikan bahwa populasi berada dalam kondisi reproduktif aktif dengan pola pemijahan yang berlangsung secara bertahap dan tidak serentak.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan dilakukan secara berkala untuk mengetahui pola reproduksi secara temporal serta keterkaitannya dengan faktor lingkungan. Selain itu, diperlukan pengelolaan pemanfaatan kerang lokan yang berkelanjutan, seperti pengaturan ukuran tangkap minimum, guna menjaga kelestarian populasi di Muara Jenggalu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih Penulis ucapkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian (LPPM) Universitas Bengkulu, yang telah mendanai penelitian ini hingga selesai. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada rekan-rekan anggota tim Penelitian.

Martens 1897) yang Tereksploitasi Sebagai Dasar Pengelolaan di Sungai Pohara Sulawesi Tenggara. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 140hlm.

- Bahtiar. 2017. Reproductive Biology of Pokea Clam *Batissa violacea* Var. *Celebensis*, Von Martens 1897 At Lasolo Estuary, Southeast Sulawesi. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 9, No. 1, Hlm. 9-18, Juni 2017.

- Bahtiar, Purnama, M. F., Kasim, M., & Ishak, E. (2023). Reproductive Biology of Mangrove Clams *Geloina expansa* (Mousson, 1849) from Mangrove at Kendari Bay, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Marine Biology Research*, 19(1), 48-58.
- Bayne, B. L. (Ed.). (1976). Marine Mussels: Their Ecology and Physiology.
- Bayne, B. L., & Newell, R. C. (1983). Physiological Energetics of Marine Molluscs. In *The mollusca* (pp. 407-515). Academic press.
- Broom, M. J. (1985). The Biology and Culture of Marine Bivalve Molluscs of The Genus *Anadara*. ICLARM.
- Brousseau, D. J. (1987). A Comparative Study of The Reproductive Cycle of The Soft-Shell Clam, *Mya arenaria* in Long Island Sound. *J. Shellfish Res*, 6(7), 15.
- Effendie, M. I. (2002). *Biologi perikanan*. Yayasan Pustaka Nusatama.
- FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in action. Rome: FAO.
- Gosling, E. (2003). *Bivalve molluscs: Biology, ecology and culture*. Blackwell Publishing.
- Guo, W., Guo, L., Liang, X., He, Y., Yan, X., Liang, S., & Liang, J. (2026). Reproductive Cycle Dynamics of Subtropical Manila Clams (*Ruditapes philippinarum*) Cultured in Temperate Waters: Temperature Thresholds and Bimodal Spawning Patterns. *Fishes*, 11(3), 177.
- Fahmia, R., Nasution, S., & Tanjung, A. (2020). Population Structure and Reproduction of The Razor Clams *Solen Lamarckii* (Chenu, 1843) In The Intertidal Zone of Api Api Village Waters, Bengkalis Regency. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 3(3), 271-285.
- Gosling, E. (2003). *Bivalve molluscs: Biology, ecology and culture*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Idris, M. H., Rahim, A. A., Hamli, H., Nesarul, M. H., & Abu Hena, M. K. (2017). Determination of Gonad Development of Mangrove Clam *Polymesoda Expansa* (Mousson 1849) by Histological Classification. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 12(4), 168-176.
- Illanes, J. E., Akaboshi, S., & Uribe, E. (1985). Efectos De La Temperatura En La Reproducción Del Ostión Del Norte *Chlamys (Argopecten) Purpuratus* En La Bahía Tongoy Durante El Fenómeno El Niño 1982-83. *Invest. Pesq.(Chile)*, 32, 167-173.
- Jaramillo, R., Prida, V., Rubilar, P. S., Cardenas, L., Prieto, V., & Astorga, M. P. (2022). Gonadal Cycle, Reproductive Indices and Detection of Parasitism in The Clam *Ameghinomya Antiqua* in Natural Beds of Importance for Fisheries. *PLOS ONE*, 17(4), e0266538.
- Kennedy, V. S., Newell, R. I., Eble, A. F., Leffler, M., & Harpe, S. R. D.

- (1996). The Eastern Oyster: *Crassostrea virginica*.
- King, M. (2007). Fisheries Biology, Assessment and Management (2nd ed.). Oxford: Blackwell Publishing.
- Mincarelli, L. F., Chapman, E. C., Rotchell, J. M., Turner, A. P., & Wollenberg Valero, K. C. (2023). Sex and Gametogenesis Stage are Strong Drivers of Gene Expression in *Mytilus edulis* Exposed to Environmentally Relevant Plasticiser Levels and pH 7.7. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(9), 23437-23449.
- Myers, R. A., & Barrowman, N. J. (1996). Is fish recruitment related to spawner abundance? *Fishery Bulletin*, 94(4), 707-724.
- Pratiwi, D. R., Bahtiar, B., Tadjuddah, M., & Sadri, S. (2019). Tingkat Kematangan Gonad dan Indeks Kematangan Gonad Kerang Pokea (*Batissa violacea* var. *celebensis*, von Martens 1897) di Sungai Laeya Konawe Selatan. *Jurnal Biologi Tropis*, 19(1), 108-115.
- Putri, R. E., Suparno, S., Ryan, M., & Nazar, F. (2024). Tingkat Kematangan Gonad (Tkg) Dan Pola Sebaran Populasi Kerang Lokan *Batissa violacea Lamarck* (1818) Di Muara Anai Kota Padang. *SEMAH Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Perairan*, 8(1), 46-56.
- Ruiz, C., Abad, M., Sedano, F., Garcia-Martin, L. O., & Lopez, J. S. (1992). Influence of Seasonal Environmental Changes on The Gamete Production and Biochemical Composition of *Crassostrea gigas* (Thunberg) in Suspended Culture in El Grove, Galicia, Spain. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 155(2), 249-262.
- Safitri, E. D. H., Rahayu, D. A., & Ambarwati, R. (2026). Evaluasi Tingkat Kematangan Gonad Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Muara Sungai Banjar Kemuning, Sedati, Sidoarjo. *Bioed: Jurnal Pendidikan Biologi*, 14(1), 62-71.
- Sastry, A. N. (1979). Pelecypoda (excluding Ostreidae). In A. C. Giese & J. S. Pearse (Eds.), *Reproduction of marine invertebrates* (Vol. 5, pp. 113-292). Academic Press.
- Quinn, T. J., & Deriso, R. B. (1999). *Quantitative fish dynamics*. Oxford University Press.
- Zhang, W. Y., Storey, K. B., & Dong, Y. W. (2020). Adaptations to The Mudflat: Insights From Physiological And Transcriptional Responses to Thermal Stress in a Burrowing Bivalve *Sinonovacula constricta*. *Science of the Total Environment*, 710, 136280.