

Perkembangan Ontogeni Ikan Nilem, *Osteochilus vittatus* Valenciennes, 1842 Hingga Tahap Matang Gonad Pertama pada Kondisi Laboratorium

(ONTOGENY DEVELOPMENT OF BONYLIP BARB,
OSTEOCHILUS VITTATUS VALENCIENNES, 1842 UNTIL FIRST
GONADAL MATURE STAGE UNDER LABORATORY CONDITION)

**Madiah^{1#}, Nining Ratningsih¹, Annisa¹,
Indra Wibowo², Sony Heru Sumarsono²**

¹Departemen Biologi,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Padjadjaran
Jl. Ir. Sukarno km. 21, Hegar Manah, Jatinangor,
Kab. Sumedang, Jawa Barat, Indonesia 45363
²Kelompok Keahlian Fisiologi
Perkembangan Hewan dan Sains Biomedika,
Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati
Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesa 10, Bandung Kulon,
Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia 40132
Email: madiah@unpad.ac.id

ABSTRACT

The bonylip barb (*Osteochilus vittatus*) is a freshwater fish widely spread in Southeast Asia and has been farmed for human consumption and as a biocontrol agent. The development of fish embryos, larvae, and juveniles, until they reach gonadally mature adults, is an important aspect of reproduction that may assist in optimizing aquaculture protocols. This study was purposed to describe in detail the ontogeny development of the bonylip barb under laboratory conditions. The study was conducted using a quantitative-descriptive method by observing the development of artificially spawned fish reared at an incubation temperature of $28 \pm 1^\circ\text{C}$ starting from the embryo, larvae, juvenile and mature gonadal phases. The zygote forms within 0.25 hours post-fertilization (hpf), followed by embryonic development, which includes a cleavage stage between 0.25 and 1.5 hpf, the blastula between 1.75 and 4.5 hpf, the gastrula between 5 and 8 hpf, segmentation between 10 and 15 hpf, the pharyngula at 20 hpf, and hatching between 26.5 and 48 hpf. The pro-larval stage begins one-day post-hatch (dph), followed by the post-larval stage at 3 dph when the yolk is fully absorbed, and at 20 dph they have presumptive gonads located ventro-lateral to the swim bladder. At 30 dph, juvenile fish show a complete pattern of scales and loss of the larval fin fold, whereas, at 120 dph, they have a pair of immature, thin-ribbon-shaped ovaries. At 240 dph, the fish enters the adult stage and begins its first reproductive cycle, during which the ovaries become enlarged and pale orange. At 420 dph, the ovary was large and vascularized, with clearly visible eggs, indicating they had reached the first gonadal

maturity. This study provides information on the morphology, age, and size of each development stage of bony-lip barb fish to improve understanding of their reproductive characteristics.

Keywords: embryo; larvae; juvenile; sexually mature

ABSTRAK

Ikan nilem (*Osteochilus vittatus*) merupakan ikan air tawar yang tersebar luas di Asia Tenggara dan telah dibudidayakan untuk dimanfaatkan sebagai ikan konsumsi dan agen biokontrol. Perkembangan embrio, larva, juvenil, hingga terbentuk ikan dewasa yang matang gonad merupakan aspek penting dalam reproduksi ikan untuk mengoptimalkan protokol budidaya. Tujuan penelitian ini untuk menjelaskan secara rinci perkembangan ontogeni ikan nilem pada kondisi laboratorium. Penelitian dilakukan menggunakan metode kuantitatif-deskriptif dengan mengamati perkembangan ikan nilem hasil pemijahan buatan yang dipelihara pada suhu inkubasi $28\pm 1^{\circ}\text{C}$ mulai dari fase embrio, larva, juvenil, hingga dewasa matang gonad. Zigot terbentuk kurang dari 0,25 jam pascafertilisasi (jpf), kemudian tahap embrio yang terdiri atas pembelahan pada 0,25–1,50 jpf, blastula pada 1,75–4,50 jpf, gastrula pada 5–8 jpf, segmentasi pada 10–15 jpf, faringula pada 20 jpf, dan menetas pada 26,5–48,00 jpf. Tahap pro-larva terbentuk pada 1 hari pascamenetas (hpm), sedangkan pasca-larva diamati pada 3 hpm ketika kuning telur/yolk telah habis dan pada 20 hpm terdapat bakal gonad di ventro-kaudal dari gelembung renang. Ikan juvenil umur 30 hpm menunjukkan pola sisik yang lengkap dan lipatan sirip telah hilang sepenuhnya dengan gonad mencapai tahap bipotensi, selanjutnya pada 120 hpm terdapat sepasang ovarium immatur yang berbentuk pita tipis. Pada umur 240 hpm, ikan mencapai tahap dewasa kelamin dan memasuki siklus reproduksi pertamanya dengan ovarium membesar dan berwarna jingga muda. Ikan berumur 420 hpm memiliki ovarium besar dan tervaskularisasi, dengan butiran telur tampak jelas yang menandakan ikan telah memasuki tahap matang gonad. Penelitian ini memberikan informasi deskripsi morfologi, umur dan ukuran setiap tahap perkembangan ikan nilem untuk meningkatkan pemahaman mengenai karakteristik reproduksinya.

Kata-kata kunci: embrio; juvenile; larva; matang seksual

PENDAHULUAN

Ikan nilem (*Osteochilus vittatus* Valenciennes, 1842; Cyprinidae) tersebar luas di Asia Tenggara. Di Indonesia, ikan ini tersebar luas di perairan tawar berupa sungai, danau dan waduk, seperti yang terdapat di Aceh (Muchlisin *et al.*, 2014), Sumatra Utara (Roesma *et al.*, 2016), Sumatera Barat (Murni dan Roesma, 2014), Bengkulu (Herlan, 2020), Jawa Barat (Warsa *et al.*, 2016), Jawa Tengah (Maulidyasari dan Djumanto, 2020), Madura (Hasan *et al.*, 2019), Bali (Parawangsa *et*

al., 2022), Kalimantan Timur (Jusmaldi *et al.*, 2020), hingga di Sulawesi Selatan (Putri *et al.*, 2015). Budidaya ikan nilem telah dilaporkan terdapat di wilayah Aceh (Muchlisin *et al.*, 2014), Padang (Syandri *et al.*, 2015), Jawa Barat (Rostika *et al.*, 2017) dan Jawa Tengah (Ekasanti *et al.*, 2023).

Ikan nilem populer sebagai ikan konsumsi dalam bentuk dewasa atau *baby fish* (Setyaningrum dan Wibowo, 2016), telurnya dimanfaatkan sebagai *kaviar* lokal (Farahita *et al.*, 2012), dan kulitnya merupakan bahan baku pembuatan gelatin

(Fadhillah *et al.*, 2019), serta digunakan untuk *restocking* dan pengendali gulma air (Syandri *et al.*, 2015). Budidaya ikan nilem umumnya dilakukan di kolam tradisional hingga sistem intensif melalui sistem pertanian terintegrasi atau minapadi (Nurhayati *et al.*, 2016). Pengelolaan budidaya ikan nilem masih terdapat permasalahan yang menyebabkan produksi yang kurang optimal (Bhagawati *et al.*, 2021). Hingga saat ini penelitian dengan subjek ikan nilem masih berkembang, terutama mengenai aspek reproduksi pada kondisi alami dan budidaya serta faktor-faktor internal dan eksternal yang dapat mendukung optimasi protokol budidayanya. Penelitian mengenai aspek reproduksi ikan Nilem pada kondisi alami dan budidaya telah dilakukan untuk mendapatkan data mengenai nisbah kelamin, fekunditas, tingkat kematangan gonad dan indeks kematangan gonad, serta siklus reproduksi yang diperlukan untuk menentukan waktu dan tipe pemijahan (Jusmaldi *et al.*, 2020; Putri *et al.*, 2015; Rochmatin *et al.*, 2014; Rostika *et al.*, 2017; Syandri *et al.*, 2015). Beberapa perlakuan telah dilakukan untuk mengoptimalkan performa reproduksi pada kondisi budidaya, melalui manipulasi kondisi lingkungan berupa suhu dan fotoperiodisme (Prakoso dan Kurniawan, 2015; Prayogo *et al.*, 2018), suplementasi pakan tinggi protein atau vitamin C (Santo *et al.*, 2014; Setyaningrum *et al.*, 2017), injeksi hormon eksogen berupa estradiol (Santo *et al.*, 2014), metiltestosteron (Subagja *et al.*, 2015), *human chorionic gonadotropin* (Semidang *et al.*, 2018), Oodev dan rekombinan *Growth Hormone* (Fadhillah, 2016; Sutrisno *et al.*, 2020), serta analog salmon *Gonadotropin Releasing Hormone* dan domperidon (Muchlisin *et al.*, 2014; Madihah *et al.*, 2023). Penelitian mengenai siklus hidup ikan sangat penting untuk memahami karakteristik biologis suatu spesies, terutama yang berkaitan dengan aspek reproduksi, taksonomi dan konservasinya (Aral *et al.*, 2011; Park *et al.*, 2017). Informasi tentang karakteristik reproduksi suatu spesies

ikan, khususnya perkembangan ontogeni mulai dari terbentuknya zigot hingga mencapai tahap dewasa, dapat digunakan untuk menentukan umur dan ukuran matang gonad pertama (Fish *et al.*, 2020). Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian yang menyeluruh untuk memperoleh karakteristik perkembangan ontogeni dari suatu spesies ikan yang penting untuk pengembangan manajemen budidaya dan berperan dalam peningkatan produktivitas populasi maupun konservasi spesies tersebut. Pada penelitian ini untuk pertama kalinya dipaparkan perkembangan ontogeni secara rinci mulai dari tahap embrio, larva, juvenil hingga mencapai dewasa matang gonad pertama dari ikan nilem betina sehingga dapat digunakan sebagai data dasar dalam memahami proses perkembangbiakannya dalam kondisi laboratorium.

METODE PENELITIAN

Sumber Ikan Nilem

Ikan nilem diperoleh dari Kantor Cabang Dinas Kelautan dan Perikanan Wilayah Selatan di Singaparna, Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat. Ikan betina dan jantan yang telah dewasa kelamin berumur lebih dari 1,5 tahun (panjang total 14,5–18,3 cm; bobot tubuh 60–95 g) dalam kondisi sehat dan tidak memiliki cacat fisik.

Prosedur Pemeliharaan Induk, Pemijahan Buatan, Koleksi dan Pemeliharaan Anakan

Prosedur untuk pemeliharaan induk, pemijahan buatan, serta koleksi dan pemeliharaan embrio, larva, juvenil hingga ikan mencapai tahap matang gonad. Induk ikan diberi pakan pelet komersial (PF 888®, PT Central Proteina Prima, Deli Serdang, Indonesia) secara satiasi dua kali sehari.

Untuk pemijahan buatan, induk betina dan jantan yang telah matang gonad diinjeksi

dengan hormin yang mengandung zat aktif analog salmon gonadotropin releasing hormon (sGnRH-a) (Ovaprim[®], Syndel, Washington, Amerika Serikat) dosis 0,5 mL/kg bobot badan (BB) secara intramuskuler. Sebanyak 500 ekor embrio hasil fertilisasi dipelihara di dalam akuarium (100 cm x 80 cm x 60 cm) yang dilengkapi dengan sistem aerasi yang kuat untuk menghindari terjadinya penempelan antar cangkang telur dan digunakan termostat 200 watt (Atman) untuk mengatur suhu pada $28 \pm 1^\circ\text{C}$. Kondisi aerasi diperlambat saat terdapat larva yang mulai menetas hingga diamati seluruh larva menetas untuk memudahkan larva berenang. Pada tiga hari pascamenetas (hpm), larva mulai diberi pakan eksogen berupa suspensi kuning telur ayam yang telah direbus, pakan diberi dua kali sehari dan media air dibersihkan dengan menggunakan spon. Pada umur 7 hpm, larva mulai diberi pakan campuran antara kuning telur rebus dan pelet serbuk (Fengli-1[®], PT. Matahari Sakti, Surabaya, Indonesia), sedangkan pada umur 14 hpm hanya diberikan pelet serbuk secara satiasi. Juvenil ikan pada umur 120 hpm dipindahkan ke bak beton ukuran 2 m x 1 m x 0,5 m yang dilengkapi dengan aerasi dan diberi pakan pelet (PF500, PT. Matahari Sakti) secara satiasi. Ikan dipelihara hingga mencapai tahap dewasa seksual (>1 tahun). Kualitas air selama pemeliharaan juvenil hingga dewasa berada pada rentang pH 7,0–7.2 yang diukur menggunakan *pH test kit* (Sera GmbH No. Kat. 04310) dan *dissolved oxygen* (DO) 4,0–6,0 mg/L yang diukur menggunakan *O₂ test kit* (Sera GmbH, Immenhausen, Jerman) dengan No. Kat. 04919), dengan siklus pencahayaan alamiah 14 jam terang/10 jam gelap dan kondisi suhu lingkungan ambien pada 22–29°C yang diukur menggunakan termometer raksa.

Pengamatan Parameter Perkembangan
Pengamatan perkembangan embrio ikan dimulai saat pembentukan zigot dari hasil fertilisasi, kemudian dilakukan setiap 15 menit atau 30 menit hingga jam ke-12, dan

setiap jam hingga larva menetas. Tahap perkembangan larva diamati setiap hari pascamenetas hingga ikan berumur 20 hpm. Perkembangan ikan juvenil diamati pada umur 30 hpm, sedangkan perkembangan ikan dewasa diamati mulai dari umur 120 hpm hingga 420 hpm. Deskripsi morfologi tahap perkembangan embrio pada ikan nilam mengacu pada Kimmel *et al.* (1995) dan von Hellfeld *et al.* (2020), perkembangan pascaembrio mengacu pada Parichy *et al.* (2009), sedangkan tingkat kematangan gonad berdasarkan morfologi ovarium mengacu pada Brown-Peterson *et al.* (2011). Setiap sampel ikan diamati di bawah mikroskop stereo (Olympus SZ-61[®], Olympu Co., Hachioji, Tokyo, Japan) dan difoto menggunakan kamera digital (Redmi Note 9 Pro[®], Xiaomi Co, Beijing, Tiongkok). Morfologi dari setiap tahapan perkembangan ikan nilam dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ontogeni perkembangan ikan nilam pada penelitian ini diamati mulai dari 0 jam pascafertilisasi (jpf) hingga mencapai dewasa atau matang gonad pada umur 420 hari pascamenetas (hpm). Deskripsi umum untuk setiap tahap perkembangan dalam kondisi laboratorium pada suhu inkubasi $28 \pm 1^\circ\text{C}$ ditampilkan pada Tabel 1.

Periode Embrio

Tahap perkembangan awal embrio terdiri atas periode zigot, pembelahan (*cleavage*), blastula, gastrula, segmentasi, faringula, hingga menetas. Sel telur yang telah difertilisasi berada pada periode zigot selama kurang dari 15 menit setelah fertilisasi dan memiliki ukuran rerata diameter $1,14 \pm 0,52$ mm (1,05–1,35 mm). Pada tahap zigot, korion akan membengkak dan terpisah dari telur yang telah difertilisasi (Gambar 1.A). Proses fertilisasi juga mengaktifkan pergerakan vesikula di sitoplasma, sehingga sitoplasma yang tidak mengandung kuning telur

(*yolk*) bergerak ke kutub anima dan akan memisahkan blastodiskus dari bagian sitoplasma yang kaya *yolk* di kutub vegetal (Gambar 1.B). Pola pembelahan sel pada embrio ikan adalah meroblastik yaitu pembelahan sel hanya pada bagian sitoplasma yang tidak mengandung *yolk* atau blastodiskus (Kimmel *et al.*, 1995).

Periode pembelahan (*cleavage*) teramati mulai dari menit ke-15 hingga satu jam 15 menit setelah fertilisasi. Pembelahan pertama diamati pada menit ke-15 (0,25 jam pascafertilisasi; jpf) dengan adanya bidang pembelahan (*cleavage furrow*) secara vertikal dan membentuk embrio tahap dua sel atau blastomer (Gambar 1.C). Pembelahan kedua diamati pada menit ke-30 (0,5 jpf) dengan bidang pembelahan secara vertikal dan tegak lurus dengan bidang pembelahan pertama yang menghasilkan embrio tahap empat sel (2×2 blastomer; Gambar 1.D). Pembelahan ketiga diamati pada menit ke-45 (0,75 jpf) dengan dua bidang pembelahan vertikal dan paralel terhadap bidang pembelahan pertama yang menghasilkan embrio tahap 8 sel (2×4 blastomer; Gambar 1.E). Pembelahan keempat diamati pada menit ke-60 (1 jpf) dengan dua bidang pembelahan vertikal dan paralel terhadap bidang pembelahan kedua yang menghasilkan embrio tahap 16 sel (4×4 blastomer; Gambar 1.F). Pembelahan kelima diamati pada satu jam 15 menit setelah fertilisasi (1,25 jpf) dengan empat bidang pembelahan vertikal dan paralel terhadap bidang pembelahan pertama yang menghasilkan embrio tahap 32 sel (4×8 blastomer; Gambar 1.G). Pembelahan keenam diamati pada satu jam 30 menit (1,5 jpf) dengan bidang pembelahan horizontal yang menghasilkan embrio tahap 64 sel (Gambar 1.H). Durasi waktu untuk setiap tahap pembelahan pada embrio ikan nilam mulai dari embrio dua sel hingga 64 sel pada penelitian ini sejalan dengan yang dilaporkan oleh Nawir *et al.* (2016), yaitu setiap 15 menit.

Periode blastula dicirikan dengan embrio yang berbentuk menyerupai bola hingga

terjadi gerakan morfogenetik epiboli pada sekitar 30% sel-sel di permukaan (Kimmel *et al.*, 1995). Pada ikan nilam, periode ini dimulai pada embrio tahap 128 sel yang diamati pada 1 jam 45 menit setelah fertilisasi (1,75 jpf) yang ditandai dengan posisi sel-sel yang tersusun seperti gundukan tinggi di kutub anima (Gambar 1.I). Pada 2 jpf, embrio teramati berada pada tahap 256 sel (Gambar 1.J), sedangkan pada 2,5 jpf embrio berada pada tahap transisi menuju bentuk lonjong (*oblong*) yang ditandai dengan blastodiskus yang tampak menonjol di kutub anima (Gambar 1.K). Pada 3 jpf, embrio berada pada tahap bulat (*sphere*) yang ditandai dengan jarak antara sumbu anima-vegetal semakin pendek dan blastodiskus tampak menekan sel-sel yang mengandung *yolk* (Gambar 1.L), dan pada tahap kubah (*dome*) yang diamati pada 3,5 jpf tampak sel-sel *yolk syncytial layer* (YSL) di permukaan dalam embrio yang membentuk seperti kubah menonjol ke arah kutub anima (Gambar 1.M). Periode blastula berakhir pada 4,5 jpf dengan adanya gerakan epiboli pada 30% sel-sel di YSL, sehingga blastodiskus menipis dan bergerak menyebar di permukaan sel-sel yang mengandung *yolk* di kutub vegetal (Gambar 1.N).

Selama periode gastrula, gerakan epiboli terus berlanjut di permukaan sel, serta gerakan morfogenetik lain, seperti involusi, konvergensi dan ekstensi (Kimmel *et al.*, 1995). Tahap gastrula mulai teramati pada 5 jpf, yaitu saat embrio telah menjalani epiboli 50% dan tampak adanya cincin germinalis di area marginal dari embrio (Gambar 1.O). Selain itu gerakan konvergensi juga menghasilkan akumulasi lokal sel-sel di salah satu posisi cincin germinalis yang disebut sebagai perisai embrionik (Gambar 1.P). Selama tahapan tersebut, epiboli mengalami jeda sementara dan kembali dilanjutkan ketika membentuk embrio dengan epiboli 70%, epiboli 80% dan epiboli 90% yang menunjukkan adanya sumbat *yolk* (*yolk plug*); masing-masing tahapan tersebut diamati pada 6, 7, dan 8 jpf (Gambar 1.Q – S).

Ketika tercapai epiboli 100%, di bagian posterior atau ujung kaudal embrio akan terbentuk tunas ekor, sedangkan di sepanjang sisi dorsal atau anterior dari tunas ekor, keping neural mulai tampak menebal.

Tahap organogenesis dimulai pada periode segmentasi yang ditandai dengan terbentuknya somit dan beberapa organ utama yang rudimen (mengecil/cacat), serta tunas ekor yang lebih jelas sehingga embrio tampak memanjang. Sumbu anterior-posterior (AP) dan dorsal-ventral (DV) juga telah dapat dibedakan. Embrio yang memiliki dua hingga tiga somit teramati pada 10 jpf (Gambar 2.A – B), sedangkan pada 12 jpf teramati embrio dengan enam somit dan primordium optik (Gambar 2.C – D). Embrio yang memiliki 10 dan 12 somit teramati pada 13,5 dan 15 jpf (Gambar 2.E – F), dengan vesikula optik yang lebih jelas dan telah terjadi pemanjangan ekor yang rudimen. Selain itu, teramati kontraksi myotom secara spontan yang menghasilkan gerakan di tubuh embrio, dengan frekuensi gerakan yang semakin meningkat seiring dengan penambahan umur embrio. Pada tahap ini, ukuran rerata panjang embrio mencapai $1,4 \pm 0,2$ cm hingga $1,8 \pm 0,1$ cm.

Periode faringula teramati pada embrio umur 20 jpf, yang ditandai dengan terbentuknya primordia lengkung faringula, namun struktur tersebut belum jelas teramati (Gambar 2.G – H). Embrio memasuki tahap faringula dengan struktur notokorda yang telah berkembang baik dan somit yang telah lengkap hingga ke bagian ekor. Sistem saraf pusat berbentuk tabung dan melebar di bagian anterior (otak) yang telah membentuk lima lobus. Bagian kepala tampak lebih lurus dan menjauh dari kantung *yolk*. Pada embrio tersebut dapat diamati mata (cawan optik dan vesikula lensa), vesikula otik (*otolith*) dan ekstensi atau perpanjangan dari kantung *yolk* dengan lebih jelas. Pigmentasi di lapisan retina mata tampak berupa granula pigmen. Primordia hati dan kantung renang mulai tampak di anterior kan-

tung *yolk*. Sirip mulai berkembang pada tahap ini, berupa lipatan sirip median (*median fin fold*), sirip ventral-lateral, dan sirip ventral. Selain itu, detak jantung terdeteksi untuk pertama kalinya dan embrio akan terus mengalami pemanjangan. Embrio juga menunjukkan gerakan kontraksi spontan yang melibatkan myotom bagian badan dan ekor dengan semakin cepat.

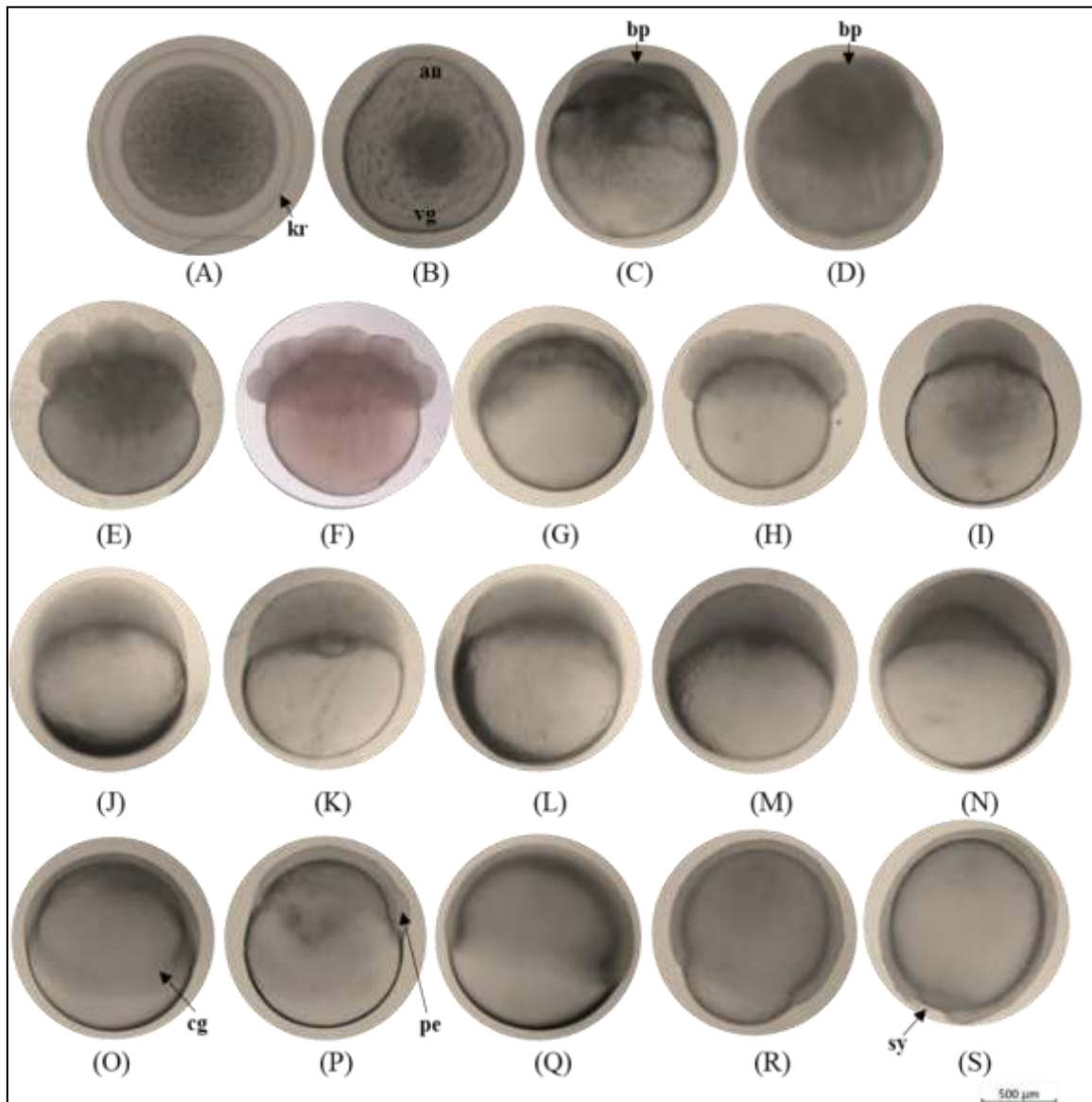
Embrio teramati menetas untuk pertama kali pada 26,5 jpf (Gambar 2.I). Selama periode menetas, pertumbuhan dan morfogenesis beberapa organ semakin lengkap, seperti mata dengan pigmentasi pada bagian retina, vesikula otik (*otolith*) dengan bagian kanal olfaktorius, otak dengan neurocoel, jantung, aorta dorsal dan vena komunis kaudalis, serta notokorda yang tampak lebih jelas. Sirip dorsal, sirip ventral dan sirip ekor tampak lebih jelas dengan ujung apikal yang membulat, serta sirip pektoral yang mulai berkembang bersamaan dengan perkembangan pembuluh darah dari lengkung aorta yang berada di bagian basal sirip pektoral. Pada embrio yang baru menetas juga dapat diamati mulut, tunas tabung usus, dan saluran bukaan urogenital. Selain itu, derajat fleksi antara bagian kepala dan badan fleksinya semakin berkurang. Embrio tidak menetas secara bersamaan dan embrio terakhir yang menetas teramati pada 48 hpf, dengan rerata panjang total tubuh mencapai $3,9 \pm 0,2$ mm (Gambar 2.J). Nilai rerata panjang total dari embrio *O. vittatus* pada saat menetas di penelitian ini lebih panjang daripada ikan tetra pertama atau *Hyphessobrycon eques* yaitu $2,89 \pm 0,16$ mm (Park *et al.*, 2014), tetapi lebih pendek dari ikan mas atau karper (*C. Carpio*) yaitu $5,31 \pm 0,11$ mm (Park *et al.*, 2017).

embriogenesis pada ikan nilam dengan suhu inkubasi $28 \pm 1^\circ\text{C}$ di penelitian ini berlangsung antara 26,5 hingga 48 jam setelah fertilisasi (jpf). Beberapa penelitian lain mengenai embriogenesis ikan nilam menunjukkan bahwa suhu inkubasi berpengaruh terhadap kecepatan pembelahan sel, dengan peningkatan suhu

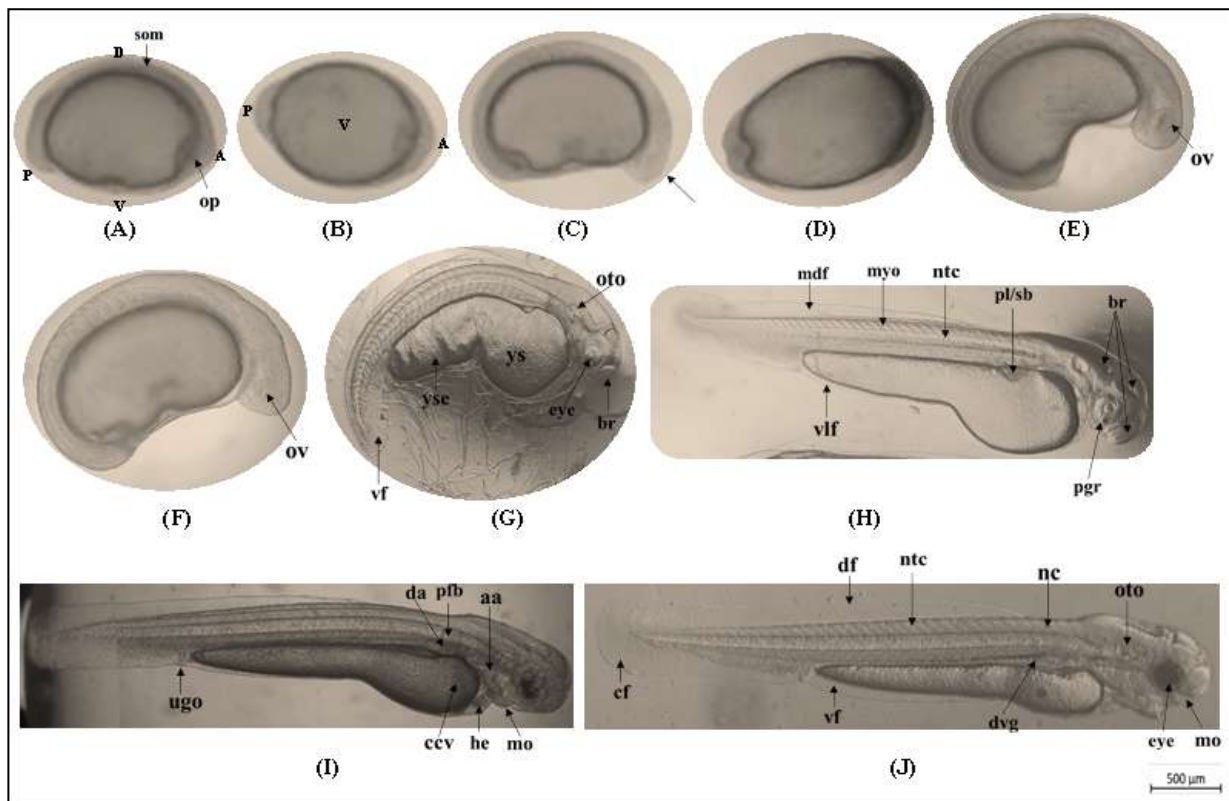
Tabel 1. Karakteristik ikan nilem sesuai dengan tahap perkembangan embrio dan gonad

Periode	Waktu pengamatan	Deskripsi
Tahap perkembangan awal embrio		
Zigot	< 0,25 jpf	Sel telur yang baru difertilisasi atau embrio tahap 1 sel. (Gambar 1.A-B)
<i>Cleavage</i>	0,25–90 jpf	Pembelahan pertama hingga keenam atau embrio tahap 2 hingga 64 sel. (Gambar 1.C-H)
Blastula	1,75–4,5 jpf	Embrio berbentuk seperti bola, dimulai dari tahap 128 sel hingga terjadi tahap epiboli 30%. (Gambar 1.I-N)
Gastrula	5–8 jpf	Dimulai di tahap 50% epiboli dan berakhir saat terbentuk tunas ekor dan sumbu tubuh. (Gambar 1.O-S)
Segmentasi	10–15 jpf	Terbentuk somit pertama; terjadi organogenesis primer; pertama teramati kontraksi myotom. (Gambar 2.A-F)
Faringula	20 jpf	Terdapat primordium lengkung faringula; sumbu tubuh mulai tampak lurus; pigmentasi pada mata; detak jantung terdeteksi pertama kali; terbentuk sirip (Gambar 2.G-H)
Menetas	26,5–48 jpf	Morfogenesis organ-organ primer telah lengkap; mulai tampak mulut, saluran pencernaan, dan pembuluh darah; derajat fleksi embrio berkurang. (Gambar 2.I-J)
Tahap perkembangan larva		
Pro-larva	1 hpm	Kantung yolk masih ada; tubuh transparan dengan titik-titik pigmentasi; mulai perkembangan sirip pektoral dan gelembung renang namun larva belum aktif berenang. (Gambar 3.A)
Pasca-larva	3 hpm	Mulai dari saat yolk habis; mulut sudah membuka dan usus telah berkembang sehingga dapat diberi pakan eksternal. (Gambar 3.B)
	20 hpm	Pigmentasi di tubuh larva dan setiap sirip semakin jelas; larva lebih aktif berenang dan sering berkelompok; bakal gonad terdapat di ventro-lateral dari gelembung renang. (Gambar 3.C)
Tahap juvenile		
Juvenil	30 hpm	Dimulai mulai seluruh tubuh sudah ditutupi sisik keperakan. Kerangka aksial, sistem organ, dan sirip telah seluruhnya terbentuk atau hampir sempurna; gonad telah mencapai tahap bipotensial. (Gambar 3.D)
	120 hpm	Gonad mencapai tahap belum matang (immatur). (Gambar 3.E)
Tahap dewasa		
Matang gonad (matur)	240 hpm	Masuk siklus reproduksi pertama (fase perkembangan) dengan ovarium yang tampak membesar, warna jingga muda, dan tervaskularisasi. (Gambar 3.F)
	420 hpm	Ovarium membesar, vaskularisasi banyak, dengan butiran telur tampak jelas. (Gambar 3.G)

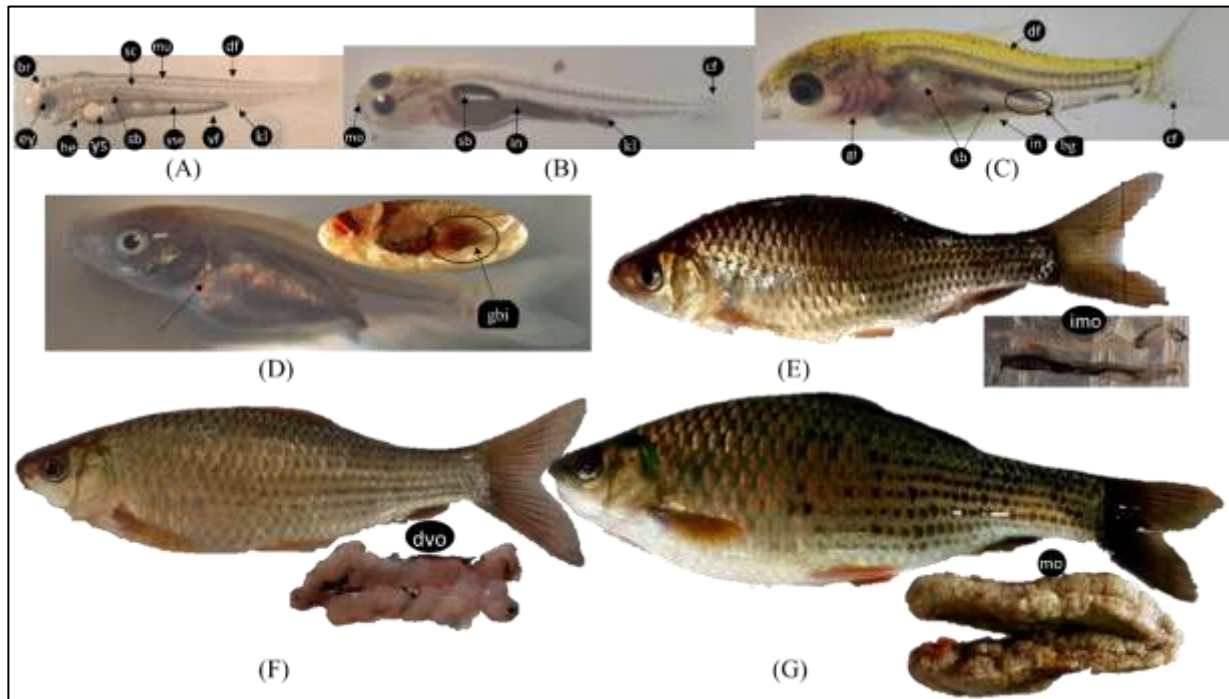
Keterangan.: jpf, jam pasc fertilisasi; hpm, hari pascamenetas.



Gambar 1. Perkembangan embrio ikan nilam pasca fertilisasi hingga tahap gastrula yang diamati pada suhu inkubasi $28 \pm 1^\circ\text{C}$. Ket.: Tahap zigot pada 0 menit (A) dengan korion (kr) dan < 15 menit atau 0,25 jam pasca fertilisasi (jpf; B) dengan kutub anima (an) dan kutub vegetal (vg); tahap *cleavage* yaitu embrio 2 sel (0,25 jpf; C), embrio 4 sel (0,5 jpf; D), embrio 8 sel (0,75 jpf; E), embrio 16 sel (1 jpf; F), embrio 32 sel (1,25 jpf; G), embrio 64 sel (1,5 jpf; H); tahap blastula yaitu embrio 128 sel (1,75 jpf; I), embrio 256 sel (2 jpf; J), embrio dengan bentuk lonjong (2,5 jpf; K), bulat (3 jpf; L), kubah (3,5 jpf; M), dan embrio yang telah mengalami 30% epiboli (4,5 jpf; N); tahap gastrula mulai dari embrio fase 50% epiboli dengan cincin germinalis (cg; 5 jpf; O) dan perisai (pe; 5,5 jpf; P), 70% epiboli (6 jpf; Q), 80% epiboli (7 jpf; R), dan 90% epiboli (8 jpf; S) dengan sumbat yolk (sy).



Gambar 2. Perkembangan embrio ikan nilam selama periode organogenesis mulai dari tahap segmentasi hingga menetas yang diamati pada suhu inkubasi $28 \pm 1^\circ\text{C}$. Ket.: Tahap segmentasi embrio dengan 2–3 somit (10 jpf) tampak lateral (A) dan ventral (B), 6 somit (12 jpf) tampak lateral (C) dan ventral (D), 10 somit (13,5 jpf; E), dan 12 somit (15 jpf; F); tahap faringula (20 jpf; G – H); embrio yang menetas pada 26,5 jpf (I) dan 48 jpf (J). Ket.: D, dorsal; V, ventral; P, posterior; A, anterior; som, somit; op, primordium optik; ov, vesikula otik; oto, otolith; br, otak; eye, mata; ys, kantung yolk; yse, ekstensi kantung yolk; vf, sirip ventral; pl/sb, primordium hati atau kantung renang; ntc, notokorda; myo, myotom; mdf, sirip median dorsal; pgr, pigmen pada retina; vlf, sirip ventral-lateral; aa, lengkung aorta; pfb, tunas sirip pektoral; da, aorta dorsal; mo, mulut; he, jantung; ccv, vena karotid komunis; ugo, bukaan lubang urogenital; nc, neurocoel; df, sirip dorsal; vf, sirip ventral; dvg, divertikulum hati dan usus; dan cf, sirip ekor.



Gambar 3. Perkembangan larva ikan nilam betina pasca menetas hingga dewasa mulai dari tahap prolarva 1 hari pasca menetas (dph; A); post-larva 3 hpm (B) dan 20 hpm (C); juvenil 30 hpm (D) dan 120 hpm (E); dewasa dengan gonad yang masih berkembang umur 240 hpm (F) dan dewasa dengan matang gonad umur 400 hpm (G). Ket.: mo, mulut; ofp, lubang olfaktorius; eye, mata; oto, otolith; gi, insang; lv, hati; int, intestinum; ugo, lubang bukaan urogenital; sb, gelembung renang; ys, kantung yolk; eys, ekstensi kantung yolk; kl, lubang kloaka; df, sirip dorsal; vf, sirip ventral; cf, sirip ekor; pf, sirip pectoral; bg, bakal gonad; gbi, gonad bipotensi; imo, ovarium immatur (imo); dvo, ovarium pada fase berkembang; dan mo, ovarium matang.

sejalan dengan semakin cepat waktu penetasan dan semakin tinggi persentase embrio yang abnormal, seperti pada hasil penelitian Prakoso dan Kurniawan (2015); Nawir *et al.* (2016); Ina *et al.* (2023) yang ketiganya menggunakan suhu inkubasi antara 25–32°C. Pada suhu inkubasi yang sama yaitu 28±1°C, embriogenesis *zebrafish* berlangsung hingga 72 jam (Kimmel *et al.*, 1995) dan pada ikan tengadak (*Barbonymus schwanenfeldii*) selama 10 jam 40 menit (Cahyanti *et al.*, 2021). Pada beberapa spesies Cyprinidae lain teramati adanya perbedaan durasi waktu dan suhu inkubasi periode embriogenesis, misalnya 78–79 jam di suhu 22–24°C pada ikan Sumatra atau *Barbus sharpeyi* (Mukhaysin dan Jawad, 2012); 109,25 jam di suhu 24±1°C pada ikan maroko batu atau *Pseudorasbora parva* (Zhu *et al.*, 2018); 50 jam 30 menit di suhu 26,3°C

dan 61 jam 38 menit di suhu 23,4°C masing-masing pada ersirip pari seperti *Labeobarbus megastoma* dan *L. platydorsus* (Abdissa, 2020); dan lebih dari 100, 120, atau 140 jam di suhu 24–25°C untuk ikan kancra bodas seperti *Tor douronensis*, *T. sorodiatas* dan *T. tambroides* (Cahyanti *et al.*, 2020).

Perbedaan lama waktu inkubasi agar terjadi penetasan telur dipengaruhi oleh faktor lingkungan, terutama suhu, kadar oksigen dan cahaya. Namun, proses penetasan dapat dipercepat dan disinkronkan dengan meningkatkan suhu inkubasi (Korwin-Kossakowski, 2012). Sebagian besar ikan Cyprinidae, termasuk *Cyprinus carpio*. Ikan *C. carassius*, *Rhynchocypris oxycephalus*, *Microphysogobio koreensis* dan *Zacco koreanus* menunjukkan pola waktu menetas yang semakin singkat pada suhu inkubasi lebih tinggi dari 20°C (Park *et al.*, 2017). Namun demikian,

hasil laporan penelitian Prakoso dan Kurniawan (2015) menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu inkubasi, maka semakin cepat pula sel untuk membelah dan embrio yang menetas, serta terjadi peningkatan gangguan selama organogenesis sehingga lebih banyak dihasilkan embrio yang abnormal pada suhu inkubasi 31°C dibandingkan dengan suhu lain yang lebih rendah.

Tahap Larva Ikan Nilem

Perkembangan larva, yang diawali dengan periode pro-larva diamati pada umur satu hari pascamenetas (hpm). Pada tahap ini organ primer telah semakin jelas, seperti otak dan sumsum tulang belakang, mata, *otolith*, lubang olfaktorius, insang, dan jantung, ekstensi kantung *yolk* yang semakin panjang, serta bentuk tubuh yang semakin lurus. Selain itu, terdapat bintik-bintik pigmen di sepanjang tubuh mulai dari bagian rostral hingga kaudal, namun tubuh larva masih tampak bening/transparan. Sirip pektoral, hati dan intestinal sudah tampak lebih jelas, sedangkan sirip dorsal dan sirip ventral (abdominal) yang belum terdiferensiasi dan ujung apikal sirip ekor yang membulat. Pada tahap ini gelembung renang (*vesica metatioria*) mulai terpompa, namun larva belum aktif berenang, dengan rerata panjang tubuh mencapai $4,3 \pm 0,4$ mm (Gambar 3.A). Umur 3 hpm memasuki tahap post-larva, yang ditandai dengan *yolk* yang telah habis diresorpsi. Bagian kepala ikan sudah terpigmentasi dan berwarna kuning pucat namun tubuhnya masih transparan, gelembung renang berbentuk unilobus, mulut sudah membuka dan intestinal mulai berlekuk, serta struktur sirip dorsal dan sirip ekor yang sudah dapat dibedakan (Gambar 3.B). Ikan juga telah aktif berenang dengan rerata panjang ikan mencapai $5,19 \pm 0,27$ mm dan mulai dapat diberikan pakan eksogen. Pada ikan post-larva umur 20 hpm, organ mata, insang dan usus tampak sangat jelas, gelembung renang berbentuk bilobus, serta telah terbentuk duri pada sirip dorsal, sirip ventral dan sirip ekor dengan ujung kaudal yang telah bercagak. Pada tahap ini, keseluruhan bagian

dorsal berwarna kuning cerah dan tampak ada bintik-bintik coklat (melanin) pada hampir seluruh tubuh, dengan rerata panjang tubuh $9,24 \pm 0,68$ mm (Gambar 3.C). Struktur bakal gonad yang terletak di arah ventro lateral dari gelembung renang, teramati lebih jelas walaupun jaringannya masih sulit dipisahkan dari bakal ginjal atau pronefros.

Perkembangan pascaembrionik, termasuk tahap larva, sangat penting dalam siklus hidup ikan karena pada tahap tersebut terjadi perubahan anatomi yang signifikan, dimulai dari pemompaan gelembung renang, perkembangan sirip, sistem saraf pusat dan perifer, otot rangka, usus, ginjal, serta pigmentasi kulit dan pembentukan pola sisik atau skuamasi tubuh (Parichy *et al.*, 2009). Pada periode larva, perkembangan gonad belum dapat diamati secara morfologi, namun struktur pronefros, yang merupakan struktur “bakal” dalam perkembangan dan diferensiasi organ-organ di sistem urogenital, dapat diamati pada embrio *zebrafish* umur 72 jpf (von Hellfeld *et al.*, 2020). Bakal gonad pada ikan nilem umur 20 hpm terdapat sepasang di rongga tubuh, dengan posisi ventro-lateral terhadap gelembung renang, seperti juga yang terdapat pada larva *zebrafish* umur 20 hpf (Chen dan Ge, 2013). Perkembangan gonad pada *zebrafish* terjadi mulai umur 10 hpf dengan adanya oosit tahap perkembangan awal, lalu pada 17 hpf dapat teramati oosit perinuclear yang merupakan struktur awal terjadinya diferensiasi seksual, dan pada 21 hingga 25 hpf masih merupakan gonad bipotensial (Ye dan Chen, 2020). Pada penelitian ini, tahap larva ikan nilem yang diamati memiliki rerata panjang total antara 4,3–9,3 mm, sedangkan *zebrafish* memiliki panjang standar antara 3,5 –10,4 mm (Parichy *et al.*, 2009).

Tahap Juvenil hingga Dewasa Ikan Nilem

Juvenil ikan nilem umur 30 hpm telah memiliki banyak pigmen dan warna tubuh yang keperakan, terutama pada bagian abdominal. Selain itu, kerangka aksial mulai berkembang dan berdiferensiasi, serta semua organ dan sirip sudah tampak sepenuhnya

terbentuk, dengan panjang rerata $14,44 \pm 2,32$ mm (Gambar 3.D). Pada tahap ini perkembangan gonad telah mencapai tahap bipotensi sehingga belum dapat dibedakan antara ovarium atau testis. Dewi dan Soeminto (2005) melaporkan bahwa pada larva ikan nilem normal atau hasil ginogenesis umur 30 hpm dapat diamati struktur bakal gonad berupa kantung berisi sel-sel germa dengan inti sel bulat dan besar yang terdapat di area dalam dan luar kantung tersebut yang diduga merupakan bakal sel kelamin (BSK) dan mengindikasikan proses migrasi BSK menuju bakal gonad yang masih berlangsung. Gonad bipotensi pada penelitian ini telah dapat diamati pada juvenil umur 30 dph, yang menunjukkan umur lebih muda daripada laporan hasil penelitian Habibah *et al.* (2020) yang melaporkan bahwa larva ikan nilem umur 35 hpf yang dipelihara pada suhu yang berbeda, yaitu $28-29^{\circ}\text{C}$, $30-31^{\circ}\text{C}$, $32-33^{\circ}\text{C}$, dan suhu ruang. Struktur gonad bipotensi yang terletak di sepanjang mesenterium dorsal rongga tubuh juvenil ikan disusun oleh populasi sel-sel germa dengan inti metakromatik dan rasio antara inti dan sitoplasma yang tinggi. Pada *zebrafish*, diferensiasi gonad secara lengkap diamati pada ikan betina umur 35 hpf dan ikan jantan umur 45 hpf (Chen dan Ge, 2013). Menurut Defalco dan Capel (2009) pada larva *zebrafish* terdapat beberapa perbedaan durasi teramatinya gonad bipotensial, mulai dari larva umur 5 hingga 11 minggu setelah fertilisasi, karena adanya perbedaan kondisi pemeliharaan yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan gonad.

Pada ikan nilem umur 120 hpm, keseluruhan tubuhnya telah ditutupi sisik berwarna keperakan dan gonad (ovarium) telah mencapai tahap belum matang (imatur) dengan bentuk seperti pita tipis, berjumlah sepasang, berada di ventro-lateral gelembung renang dan melekat di dinding peritoneal, dengan panjang tubuh telah mencapai $61,67 \pm 6,28$ mm (Gambar 3.E). Pada umur 240 hpm, ikan memiliki ovarium yang tampak membesar, berwarna jingga muda dan mengalami vaskularisasi, yang mengindikasikan bahwa ikan telah memasuki siklus reproduksi pertama pada fase per-

kembangan, dengan rerata panjang tubuh mencapai $133,3 \pm 23,1$ mm (Gambar 3.F). Ikan nilem betina mencapai tahap matang gonad pertama pada umur 400 hpm atau lebih dari satu tahun, dengan ovarium yang telah membesar, tervaskularisasi dan tampak butiran telur dengan jelas, dengan rerata panjang tubuh $160,0 \pm 14,1$ mm (Gambar 3.G).

Ukuran pertama kali matang gonad pada ikan nilem betina di penelitian ini lebih besar daripada ikan nilem yang ditangkap dari lingkungan alamnya, misalnya dari Danau Sidenreng (di Desa Mojong, Kecamatan Watang Sidenreng, Kabupaten Sidenreng Rappang, Provinsi Sulawesi Selatan.) memiliki panjang total 125 mm dan bobot tubuh 24,39 g (Omar, 2010), dari Danau Talaga (di Desa Talaga, Kecamatan Dampelas, Kabupaten Donggala, Provinsi Sulawesi Tengah) dengan panjang total 13,6-14 cm (Putri *et al.*, 2015), dari Waduk Benanga (di Kelurahan Lempake, Kecamatan Samarinda Utara, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur) dengan rerata panjang 137,38 mm (Jusmaldi *et al.*, 2020), dan dari Danau Tamblingan (di lereng utara Gunung Lesung, di Desa Munduk, Kecamatan Banjar, Kabupaten Buleleng, Bali) dengan panjang total 116 mm (Parawangsa *et al.*, 2022), namun lebih kecil daripada yang ditampilkan di laman Fishbase yaitu rerata panjang total 192 mm ($190-202,35$ mm) (Ref. 7050; <https://www.fishbase.se/summary/Osteochilus-vittatus>). Beberapa faktor yang memengaruhi ukuran dan umur pertama matang gonad di antaranya suhu, foto periode, dan jumlah ketersediaan pakan; beberapa jenis ikan mengalami matang gonad lebih cepat pada suhu yang lebih tinggi, namun berukuran lebih kecil. Penurunan ukuran panjang tubuh saat matang seksual pertama dapat menunjukkan kerentanan spesies terhadap eksploitasi berlebihan dan menimbulkan konsekuensi negatif dalam perekrutan dan pelestarian seluruh populasi di habitatnya (Ugrin *et al.*, 2023).

Pengetahuan mengenai ukuran atau umur pertama kali matang gonad penting dalam studi ontogeni, pemodelan sektor perikanan dan penelitian ekologi reproduksi, terutama dinamika populasi. Informasi ini

penting diketahui karena dapat digunakan untuk menghitung nilai produktif dan ukuran minimum ikan yang legal ditangkap (Williams dan Babcock, 2005), sehingga bermanfaat sebagai acuan dalam pengelolaan sektor perikanan budidaya (Reed *et al.*, 2023). Perkembangan industri budidaya perikanan memerlukan pengetahuan tentang kematangan seksual, karena untuk mencapai kinerja pemuliaan yang berhasil memerlukan stok induk yang matang untuk produksi benih yang baik pada berbagai kondisi lingkungan (Hassan *et al.*, 2022).

SIMPULAN

Penelitian ini menyediakan informasi terperinci mengenai deskripsi morfologi, umur dan ukuran selama perkembangan ontogeni ikan nilem, mulai dari pembentukan embrio, larva, juvenil hingga dewasa matang gonad di kondisi laboratorium. Durasi periode embrio yang diakhiri oleh tahap menetas pada penelitian ini sejalan dengan penelitian lain yang menggunakan rentang suhu inkubasi antara 25–32 °C pada kondisi laboratorium, sedangkan ukuran matang gonad pertama kali pada kondisi laboratorium teramati lebih panjang dibandingkan dengan di kondisi alami. Pemahaman mengenai karakteristik reproduksi sangat penting untuk optimalisasi protokol akuakultur yang ditujukan untuk produksi berkelanjutan dari spesies ikan yang berpotensi untuk dibudidayakan di Indonesia, terutama ikan nilem.

SARAN

Informasi ini diharapkan bermanfaat bagi pembudidaya ikan dan peneliti, memfasilitasi penyempurnaan protokol pemuliaan, pemeliharaan, dan pengelolaan ikan nilem, juga berkontribusi pada upaya konservasi dan pelestarian keanekaragaman hayati di ekosistem perairan di Indonesia. Penelitian selanjutnya dapat diarahkan untuk optimalisasi kondisi lingkungan laboratorium yang mendukung proses pematangan gonad, seperti suhu, foto periode, dan pakan. Studi ini dapat membantu dalam pengembangan

protokol manajemen yang dapat meningkatkan keberhasilan pembiakan dan pemeliharaan ikan nilem di lingkungan aku-akultur. Selain itu, penelitian molekuler terkait genetika perkembangan dan reproduksi pada ikan nilem perlu dilakukan untuk meningkatkan karakteristik unggul, seperti kualitas telur, yang membuka jalan untuk pengembangan strategi pemuliaan yang lebih efisien dan berkelanjutan serta untuk meningkatkan produksi benih dan produk pangen dari ikan nilem.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Hibah Riset Unpad dengan skema Riset Percepatan Lektor Kepala No. Kontrak 1641/UN6.3.1/PT.00/2024. Terima kasih kami sampaikan kepada Kepala Kawasan Perikanan Darat Ciparanje FPIK-Unpad atas pemberian ijin penggunaan fasilitas, dan kepada Bapak Rioaldi Sugandhy atas bantuan teknis selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdissa B. 2020. Embryonic and Larval Development of *Labeobarbus mega-stoma* and *Labeobarbus platydorsus* (Pisces: Cyprinidae) in Lake Tana (Ethiopia). *Journal of Aquaculture and Marine Biology* 9(5): 191–201.
- Mukhaysin AA, Jawad, LA. 2012. Larval Development of the Cyprinid Fish *Barbus sharpeyi* (Gunther, 1874). *Journal of Fish and Aquaculture Science* 7: 307-319.
- Aral F, Sahinoz E, Dogu Z. 2011. Embryonic and Larval Development of Freshwater Fish. In: *Recent Advances in Fish Farms*. London. InTech. Hlm. 83–94.
- Bhagawati D, Nuryanto A, Rofiqoh AA, Sukirno. 2021. Optimalisasi Wadah Budidaya Untuk Pembenihan Ikan Skala Rumah Tangga pada Lahan

- Terbatas di Kelurahan Sumampir Kabupaten Banyumas. *J Panrita Abdi* 5(3): 315–327.
- Brown-Peterson NJ, Wyanski DM, Saborido-Rey F, Macewicz BJ, Lowerre-Barbieri SK. 2011. A Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes. *Mar Coast Fish* 3(1): 52–70.
- Cahyanti W, Mumpuni FS, Yani F, Bogor D. 2021. Perkembangan Embrio dan Performa Awal Larva Ikan Tengadak (*Barbonymus schwanenfeldii*). *J Mina Sains* 7(2): 76–86.
- Cahyanti W, Radona D, Kristanto AH. 2020. Perkembangan Embrio dan Performa Awal Larva Tiga Spesies Ikan Tor Indonesia. *Ber Biologi* 19(3A): 239–248.
- Chen W, Ge W. 2013. Gonad Differentiation and Puberty Onset in The Zebrafish: Evidence for the Dependence of Puberty Onset on Body Growth But Not Age in Females. *Mol Reprod Dev* 80(5): 384–392.
- Defalco T, Capel B. 2009. Gonad Morphogenesis in Vertebrates: Divergent Means to A Convergent End. *Annu Rev Cell Dev Biol* 25: 457–482.
- Dewi, K., dan Soeminto 2005: Pertumbuhan ikan nilem (*Osteochilus hasselti* C.V) ginogenesis sampai umur 30 hari serta tingkat perkembangan gonad yang telah dicapai, *J Iktiologi Indonesia* 5(2): 55–59.
- Ekasanti A, Syakuri H, Nugrayani D, Listiowati E, Nurhafid MN, Maulana A. 2023. Inventory of Ectoparasites and Molecular Identification of Pathogenic Bacteria on Bonylip Barb (*Osteochilus vittatus*) Cultivated in Banyumas District. *Arwana: J Ilmiah Program Studi Perairan* 5(1): 22–32.
- Fadhillah F, Junianto J, Zahidah H, Rochima E. 2019. Effect of Concentration of *Osteochilus hasselti* (Valenciennes, 1842) Skin Gelatin on Ice Cream's Preferences Level. *World Sci News* 133(August): 145–157.
- Fadhillah R. 2016. Peningkatan produksi telur ikan Nilem (*Osteochilus hasselti*) sebagai sumber kaviar melalui kombinasi Oodev, rGH dan minyak ikan pada pakan. (Tesis) Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Farahita Y, Junianto, Kurniawati N. 2012. Karakteristik Kimia Caviar Nilem dalam Perendaman Campuran Larutan Asam Asetat dan Larutan Garam Selama Penyimpanan Suhu Dingin (5-10 °C). *Jurnal Perikanan dan Kelautan* 3(4): 165–170.
- Fish T, Wolf N, Harris BP, Planas JVA. 2020. Comprehensive Description of Oocyte Developmental Stages in Pacific Halibut, *Hippoglossus stenolepis*. *J Fish Biol.* 97(6): 1880–1885.
- Habibah AN, Rika PC. Pertiwi, Chasanah T. 2020. Gonadal Differentiation of Nilem Fish (*Osteochilus vittatus*) Utilizing Temperature Treatment. *Bioeduscience* 4(2): 143–147.
- Hasan V, Soemarno, Widodo MS, Wiadnya DGR. 2019. First Record of *Osteochilus vittatus* (Cypriniformes: Cyprinidae) in Madura Island, Indonesia. *AACL Bioflux* 12: 338–342.
- Hassan HU, Mawa Z, Ahmad N, Zulfiqar T, Sohail M, Ahmad H, Yaqoob H, Bilal M, Rahman, MA, Ullah N, Hossain MY, Habib A, Arai T. 2022. Size at sexual maturity estimation for 36 species captured by bottom and midwater trawls from the marine habitat of Balochistan and Sindh in the Arabian Sea, Pakistan, using maximum length (Lmax) and logistic (L50) models. *Braz J Biol* 84: e262603.
- Herlan H. 2020. Parameter Pertumbuhan Ikan Palau (*Osteochilus vittatus*) di

- Hulu Sungai Musi, Bengkulu. *Journal of Global Sustainable Agriculture* 1(1): 19-23.
- Ina SYT, Tangguda S, Kusuma NPD. 2023. Analisis Faktor-Faktor yang Memengaruhi Perkembangan Embrio Ikan Nilem (*Osteochilus vittatus* Valenciennes, 1842). *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Hewani* 2(2): 14-24.
- Jusmaldi J, Hariani N, Hendra M, Wulandari NA, Sarah S. 2020. Some Reproductive Biology Aspects of Bonylip Barb (*Osteochilus vittatus* Valenciennes, 1842) in the Waters of Bena-nga Reservoir, East Kalimantan. *J Iktiologi Indones* 20(3): 217-233.
- Kimmel CB, Ballard WW, Kimmel SR, Ullmann B, Schilling TF. 1995. Stages of Embryonic Development of the Zebrafish. *Dev Dyn* 203: 253–310.
- Korwin-Kossakowski M. 2012. Fish Hatching Strategies: A Review. *Rev Fish Biol Fish* 22(1): 225–40.
- Madihah, Fakhira AM, Nadhifa F, Nugraha VA. 2023. Optimalisasi Dosis Hormon Ovaspec™ Sebagai Induser untuk Pemijahan Buatan Ikan Nilem Betina Galur Padjadjaran. *Media Akuakultur* 18(1): 1-7.
- Maulidyasari S, Djumanto D. 2020. Biological Parameters of Bonylip Barb (*Osteochilus vittatus* Valenciennes, 1842) in Lake Rawa Pening Semarang Regency. *J Iktiologi Indones* 20(3): 251-261.
- Muchlisin ZA, Arfandi G, Adlim M, Fadli N, Sugianto S. 2014. Induced Spawning of Seurukan Fish, *Osteochilus vittatus* (Pisces: Cyprinidae) Using Ovaprim, Oxytocin and Chicken Pituitary Gland Extracts. *AACL Bioflux* 7(5): 412–418.
- Murni MY, Roesma DI. 2014. Inventarisasi Jenis-jenis ikan Cyprinidae di Sungai Batang Nareh, Kabupaten Padang Pariaman. *J Bio Univ Andalas* 3(4): 275–282.
- Nawir M, Sukendi, Nuraini. 2016. The Embryonic of Pawas (*Osteochilus hasselti* CV) with Different Temperature. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Univ Riau* 3(2): 1-11.
- Nurhayati A, Lili W, Herawati T, Riyantini I. 2016. Derivatif Analysis of Economic and Social Aspect of Added Value Minapadi (Paddy-fish Integrative Farming): a Case Study in the Village of Sagaracipta Ciparay Sub District, Bandung West Java Province, Indonesia. *Aquat Procedia* 7: 12–18.
- Omar SA. 2010. Aspek Reproduksi Ikan Nilem, *Osteochilus vittatus* (Valenciennes, 1842) di Danau Sidenreng, Sulawesi Selatan. *J Iktiologi Indones* 10(2): 111–122.
- Parawangsa INY, Artha GAK, Tampubolon PA. 2022. Morphoregression and Reproduction Aspect of Bonylip Barb (*Osteochilus vittatus* Valenciennes, 1842) in Tamblingan Lake, Bali Island. *Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan* 14(2): -284.
- Parichy DM, Elizondo MR, Mills MG, Gordon TN, Engeszer RE. 2009. Normal Table of Post-Embryonic Zebra fish Development: Staging by Externally Visible Anatomy of the Living Fish. *Dev Dyn* 238(12): 2975.
- Park JM, Kim NR, Han KH, Han JH, Son MH, Cho JK. 2014. Spawning Behavior, Egg Development, Larvae and Juvenile Morphology of *Hyphessobrycon eques* (Pisces: Characidae) Characidae Fishes. *Dev Reprod* 18(4): 241–249.

- Park JM, Mun SJ, Yim HS, Han KH. 2017. Egg Development and Larvae and Juveniles Morphology of Carp, *Cyprinus carpio* in Korean. *Dev Reprod* 21(3): 287–295.
- Prakoso VA, Kurniawan. 2015. Pengaruh Stressor Suhu dan Salinitas Terhadap Perkembangan Embrio Ikan Nilem (*Osteochilus hasselti*). *Jurnal Sains Nional* 5(1): 49–59.
- Prayogo NA, Siregar AS, Sukardi P, Bessho Y. 2018. Molecular cloning of the vitellogenin gene in the hard-lipped barb (*Osteochilus hasselti* C.V) and photoperiod's effects on gene expression. *Biotropia* 25(3): 224–232.
- Putri MRA, Sugianti Y, Krismono. 2015. Beberapa Aspek Biologi Ikan Nilem (*Osteochillus vittatus*) di Danau Talaga, Sulawesi Tengah. *Bawal* 7(2): 111–120.
- Reed EM, Brown-Peterson NJ, DeMartini EE, Andrews AH. 2023. Effects of Data Sources and Biological Criteria on Length-At-Maturity Estimates and Spawning Periodicity of the Commercially Important Hawaiian Snapper, *Etelis coruscans*. *Front Mar Sci* 10: 1102388.
- Rochmatin SY, Solichin A, Saputra SW. 2014. Aspek pertumbuhan dan reproduksi ikan Nilem (*Osteochilus hasselti*) di perairan Rawa Pening Kecamatan Tuntang Kabupaten Semarang. *Diponegoro J Maquares* 3(3): 153–159.
- Roesma DI, Chornelia A, Mursyid A, Kamsi M. 2016. Short communication: Fish diversity of the Batang Toru River System, South Tapanuli, North Sumatra. *Biodiversitas* 17(2): 628–634.
- Rostika R, Andriani Y, Junianto J. 2017. Fecundity Performance of Nilem (*Osteochilus vittatus*) from Cianjur, Tasikmalaya and Kuningan Districts, West Java, Indonesia. *Asian J Agric* 1(01): 17–21.
- Santo AP, Susilo U, Wijayanti GE. 2014. Perkembangan oosit induk *Osteochilus hasselti* C.V. yang diberi hormon estradiol-17B dan pakan dengan kadar protein berbeda. *Scripta Biologica* 1(1): 33–42.
- Semidang DA, Mumpuni FS, Rosmawati. 2018. Pematangan induk ikan nilem (*Osteochilus hasselti*) dengan teknik implantasi menggunakan hormon hCG (human chorionic gonadotropin). *J Mina Sains* 4(1): 26–38.
- Setyaningrum N, Wibowo ES. 2016. Potensi Reproduksi Ikan Air Tawar Sebagai Baby Fish. *Biosfera* 33(2): 85–91.
- Setyaningrum N, Sugiharto S, Hidayah HA. (2017): The gonad maturity of female *Osteochillus vittatus* in the presence of ascorbic acid. *Biosaintifika* 9(2): 257–264.
- Subagja J, Hadie W, Gustiano R. 2015. Produksi ikan jantan fungsional (Neomale) untuk membentuk populasi betina homogamet dalam industri telur ikan Nilem (*Osteochilus hasselti*). *Jl Ris Akuakultur*, 10(4): 511–518.
- Sutrisno N, Utomo DSC, Sarida M. 2020. Performa reproduksi dan pertumbuhan bobot mutlak Nilem (*Osteochilus hasselti* Valenciennes, 1842) dengan penambahan hormon pertumbuhan rekombinan kerapu kertang. *Zoo Indon* 29(2): 83–93.
- Syandri H, Azrita, Niagara, Junaidi. 2015. Preliminary Study on the Feeding Schedule of Laboratory Reared of Bonylip barb Larva, *Osteochilus vittatus* Cyprinidae. *J Aquac Res Dev* 6(10): 368–383.
- Ugrin N, Paladin A, Krstulović Šifner S. 2023. Fecundity, Length at First

- Sexual Maturity and Gonadal Development of *Lepidorhombus boscii* in the Eastern Adriatic Sea. *Biology (Basel)* 12(1): 131.
- von Hellfeld R, Brotzmann K, Baumann L, Strecker R, Braunbeck T. 2020. Adverse Effects in the Fish Embryo Acute Toxicity (FET) Test: A Catalogue of Unspecific Morphological Changes Versus More Specific Effects in Zebrafish (*Danio rerio*) Embryos. *Environ Sci Eur* 32(1): 122.
- Warsa A, Soewardi K, Hariyadi S. 2016. Struktur Komunitas Ikan dan Tingkat Trofik di Wilayah Genangan Kabupaten Sumedang-Jawa Barat. *Bawal* 8(1): 29–36.
- Williams JR, Babcock RC. 2005. Assessment of Size at Maturity and Gonad Index Methods for the Scallop *Pecten novaezelandiae*. *NZ J Mar Freshw Res* 39: 851-864.
- Ye M, Chen Y. 2020. Zebrafish as an Emerging Model to Study Gonad Development. *Comput Struct Biotechnol J* 8: 2373-2380.
- Zhu D, Yang K, Sun N, Wang W, Zhou X. 2018. Embryonic and Larval Development of the Topmouth Gudgeon, *Pseudorasbora parva* (Teleostei: Cyprinidae). *Zoologia* 35: 1–8.