

HISTOLOGI PERKEMBANGAN ORGAN LARVA YELLOWFIN TUNA (*Thunnus albacares*)

Histology Of Yelowfin Tuna (*Thunnus albacares*) Larval Organs' Development

Yuliana Asri^{1*}, Kukuh Nirmala², Tri Heru Prihadi³, John Harianto Hutapea⁴, Muh. Azril⁵

1Program Studi Budidaya Perairan, Universitas Mataram

2Departemen Budidaya Perairan, FPIK - IPB University

3Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar dan Penyuluhan Perikanan

4Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan

5Program Studi Akuakultur, Universitas Tidar

*Korespondensi email : yulianaasri@unram.ac.id

(Received 25 November 2023; Accepted 16 Desember 2023)

ABSTRAK

Yellowfin tuna merupakan komoditas perikanan yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Kendala utama dalam budidaya yaitu terjadi kematian massal pada stadia awal pemeliharaan larva. Pengamatan terkait perkembangan awal organ larva *yellowfin* tuna secara histologi perlu dilakukan untuk mendapat informasi dasar dalam pengembangan teknik pemeliharaan larva. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perkembangan organ penglihatan, penciuman, gelembung renang dan sistem pencernaan larva secara histologi. Sampel larva diambil sebanyak 15 ekor pada umur satu hari (D1), D3, D5, D7, D10 dan D13. Metode histologi yang digunakan adalah metode Bouins. Sampel direndam selama 4–6 jam pada larutan bouins, dipindahkan ke dalam larutan berisi alkohol 70% untuk didehidrasi dengan konsentrasi bertingkat hingga 100%. Sampel dijernihkan dalam xylene dan diresapkan dalam paraffin, dipotong dengan microtom dan pewarnaan dengan haematoxylin dan eosin. Hasil menunjukkan pada D1 sistem pencernaan berbentuk tabung lurus sederhana, sistem penglihatan, penciuman dan gelembung renang belum terbentuk sempurna. Hari ke 3 saluran pencernaan mulai terbentuk, organ telinga dalam, penciuman, mata, esofagus, lambung dan ginjal juga sudah mulai terbentuk. Retina dan pigmen mata sudah berkembang lebih baik, gelembung renang juga sudah terbentuk dan organ penciuman semakin jelas pada umur D5. Organ-organ larva terus berkembang seiring dengan pertumbuhan dan pertambahan umur larva. Berdasarkan perkembangan penglihatan, penciuman, pencernaan larva *yellowfin* tuna sudah bisa diberikan pakan pertama pada hari ke 3 setelah menetas.

Kata kunci : *Histologi, Larva, Organ, Tuna, Yellowfin*

ABSTRACT

Yellowfin tuna is a fishery commodity that has high economic value. The main challenge in cultivation of Yellowfin tuna is mass deaths occurring in the early stages of larval rearing. Observations related to the initial development of yellowfin tuna larval organs histologically is crucial in order to obtain basic information in developing larval rearing techniques. The objective of this research is to determine the histological development of the organs of vision, olfactory, swim bladder and digestive system of larvae. Samples of 15 larvae were taken at the age of one day (D1), D3, D5, D7, D10 and D13. The histology method used was the Bouins method. The samples were soaked for 4–6 hours in Bouins' solution, which are then transferred to a solution containing 70% alcohol to be dehydrated with varying concentrations up to 100%. Samples were purified in xylene and embedded in paraffin, cut with a microtome and coloured with haematoxylin and eosin. The results show that in D1 the digestive system was shaped like a simple straight tube. The vision, olfactory and swim bladder systems were not fully formed. On day 3, the digestive tract, the organs of the inner ear, smell, eyes, esophagus, stomach and kidneys started to form. The retina and eye pigment have well developed. Furthermore, the swim bladder was formed and the sense of smell were more clearly visible at the age of D5. The larval organs continue to develop along with the grow and the age of the larvae. According to the development of vision, smell and digestive organs, yellowfin tuna larvae could be fed for the first time on the third day after hatching.

Key words: *Histology, Larvae, Organs, Tuna, Yellowfin*

PENDAHULUAN

Yellowfin tuna atau biasa disebut tuna sirip kuning merupakan salah satu jenis ikan laut dari kelompok scombridae yang memiliki kandungan nilai gizi tinggi. Ikan tuna mengandung asam lemak omega 3 dan kandungan protein mencapai 26,2%, tidak hanya itu tuna juga kaya akan mineral mikro seperti kalsium vitamin A dan B, sodium dan zat besi (Asri et al., 2023). Tingginya permintaan konsumen global akan ikan tuna yang terus meningkat dari tahun 2010 (Kobayashi et al., 2015) dan pada tahun 2020 mencapai 14,4 milyar USD menjadikan ikan *yellowfin* tuna sebagai ikan ekonomis penting. Ikan *yellowfin* tuna termasuk produk ekspor unggulan Indonesia, sebanyak 16% bahan baku produksi tuna dunia berasal dari hasil tangkapan perairan laut Indonesia (Firdaus, 2018). Tahun 2013, volume ekspor tuna mencapai 209.410 ton dengan nilai USD 764,8 juta. Ikan tuna yang diekspor dikirim dalam bentuk segar, frozen dan olahan (Hartanto et al., 2021). Oleh karena itu, peningkatan sumber daya *yellowfin* tuna melalui pengembangan budidaya terutama pada fase pembenihan, larva, dan pendederan sangat perlu untuk dilakukan.

Pengembangan teknologi budidaya *yellowfin* tuna terus dilakukan di Indonesia, yang dipusatkan di Balai Penelitian Laut Gondol Bali. Kendala utama yang dialami adalah terjadinya kematian massal pada masa awal penetasan dan pemeliharaan larva (Asri et al., 2023). Tingkat kelangsungan hidup larva *yellowfin* tuna akan menurun selama proses perkembangan: beberapa hari setelah kuning telur habis dan mulai memperoleh makan dari luar dan pada saat berada di fase transformasi menjadi juvenil (Kaji et al., 1999). Sehingga pengembangan teknologi budidaya ikan tuna sirip kuning perlu difokuskan pada kegiatan pembenihan dan pendederan larva.

Sistem pencernaan larva saat baru pertama kali menetas terdiri dari dua yaitu: kantung kuning telur endodermal yang besar dan usus belakang primordial. Penelitian awal terkait histologi larva *bluefin* tuna telah dilakukan sebelumnya oleh (Kaji et al., 1996) dimana sistem pencernaan awal *bluefin* tuna mulai berdiferensiasi pada hari ke tiga dan kelenjar lambung muncul pada hari ke 11 diawal kehidupan larva. Sedangkan pada larva ikan *yellowfin* tuna *Thunnus albacares* sistem pencernaannya mulai berdiferensiasi pada hari ke empat setelah menetas (Kaji et al., 1999). Gunawan et al., (2018) menyatakan bahwa saluran dan organ pencernaan larva *Thunnus albacares* (Bonnatere, 1788) sudah mulai terbentuk pada hari ke tiga setelah menetas. Diferensiasi saluran dan sistem pencernaan menjadi organ yang menyerupai organ pencernaan ikan dewasa mulai terjadi pada hari ke enam setelah menetas. Jumlah kelenjar lambung dan perkembangan organ yang lain akan terus meningkat hingga memasuki fase juvenil (Kaji et al., 1996).

Pengetahuan dan informasi terkait perkembangan dan sistem pencernaan dari larva ikan dapat menjadi acuan dalam penentuan pakan yang tepat sehingga nutrisinya terpenuhi (Galaviz et al., 2011). Begitu juga dengan organ penciuman karena pada saat pertama kali memberi makan larva, saluran penciuman memanjang dan bulbus serta lobus penciuman berkembang dengan baik (Kawamura & Shukei, 2003). Berdasarkan uraian tersebut, perlu dilakukan penelitian mengenai histologi larva *yellowfin* tuna yang bertujuan untuk mengetahui perkembangan organ-organ dalam seperti sistem penglihatan, penciuman, gelembung renang dan sistem pencernaan larva *yellowfin* tuna. Sehingga dapat digunakan sebagai informasi dasar dalam mengembangkan teknik pemeliharaan larva di tempat pembenihan dan pendederan *yellowfin* tuna.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dan pengamatan histologi larva *yellowfin* tuna dilakukan di Laboratorium Tuna Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan (BBRBLPP) Gondol, Kabupaten Buleleng – Bali. Pengamatan dilakukan pada bulan Oktober 2015.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan selama pengamatan adalah: bak fiberglass berbentuk bundar dengan volume 700 L yang dilengkapi dengan aerasi sebagai wadah pemeliharaan larva, gelas beker dan mikroskop. Bahan yang digunakan selama pengamatan adalah larva umur 1 hari (D1), D3, D5, D7, D10 dan D13, pakan alami, alkohol, larutan Bouins, xylene, paraffin, haematoxylin dan eosin (H & E).

Prosedur Penelitian

Pengadaan dan Pemeliharaan Larva

Larva *yellowfin* tuna diperoleh dari hasil pemijahan alami induk tuna di keramba jaring apung di Balai Penyuluhan Perikanan Gondol, Bali. Telur dikumpulkan dan kemudian ditetaskan di bak inkubator. Larva ditebar pada bak bundar bervolume 700 L dengan kepadatan 10.000 ekor per wadah (Partridge et al., 2011), dipelihara selama 13 hari di dalam ruangan tertutup dan kualitas air terkontrol suhu: 29,3 – 30, 7 (Wexler et al., 2003), pH : 8, 13 – 8,25 (Nakagawa et al., 2011), NH₃ : 0,011 – 0,049, DO : 6,92 – 6,97 (Wexler et al., 2003), Salinitas : 32 (Partridge et al., 2011). Larva mulai diberi makan pada hari ke dua setelah penetasan, pada pagi dan sore hari. *Nannochloropsis* sp. ($2 - 3 \times 10^5$ sel/mL) diberikan saat larva berumur dua

sampai sembilan hari, dilanjutkan dengan rotifer (5 – 10 individu/ mL) dan artemia (0,25 – 0,50 individu/ mL) pada hari ke 10 hingga 13 hari pemeliharaan.

Histologi Larva

Larva umur satu hari (D1), tiga hari (D3), lima hari (D5), tujuh hari (D7), sepuluh hari (D10) dan 13 hari (D13) diambil sampelnya sebanyak 15 ekor untuk dilakukan pengamatan histologi organ dalam larva. Sampel direndam selama 4–6 jam pada larutan bouins, dipindahkan ke dalam larutan berisi alkohol 70%. Sampel didehidrasi dalam larutan alkohol dengan konsentrasi berbeda, mulai dari 70%, 80%, 90%, 95% dan yang tertinggi pada konsentrasi 100%. Setelah didehidrasi kemudian dijernihkan dalam xylene dan diresapkan dalam paraffin. Sampel yang sudah diresapkan kemudian dipotong dengan ketebalan 4–5 μm menggunakan microtome. Langkah terakhir yaitu pewarnaan menggunakan haematoxylin dan eosin (H & E). Data gambaran preparat histologi organ larva *yellowfin* tuna diperoleh dengan metode pengambilan gambar dengan mikroskop dengan perbesaran 10 kali, 20 kali dan 40 kali.

Analisis Data

Data gambaran preparat histologi dari hasil pengamatan menggunakan mikroskop dianalisis secara deskriptif yang disajikan dalam bentuk gambar.

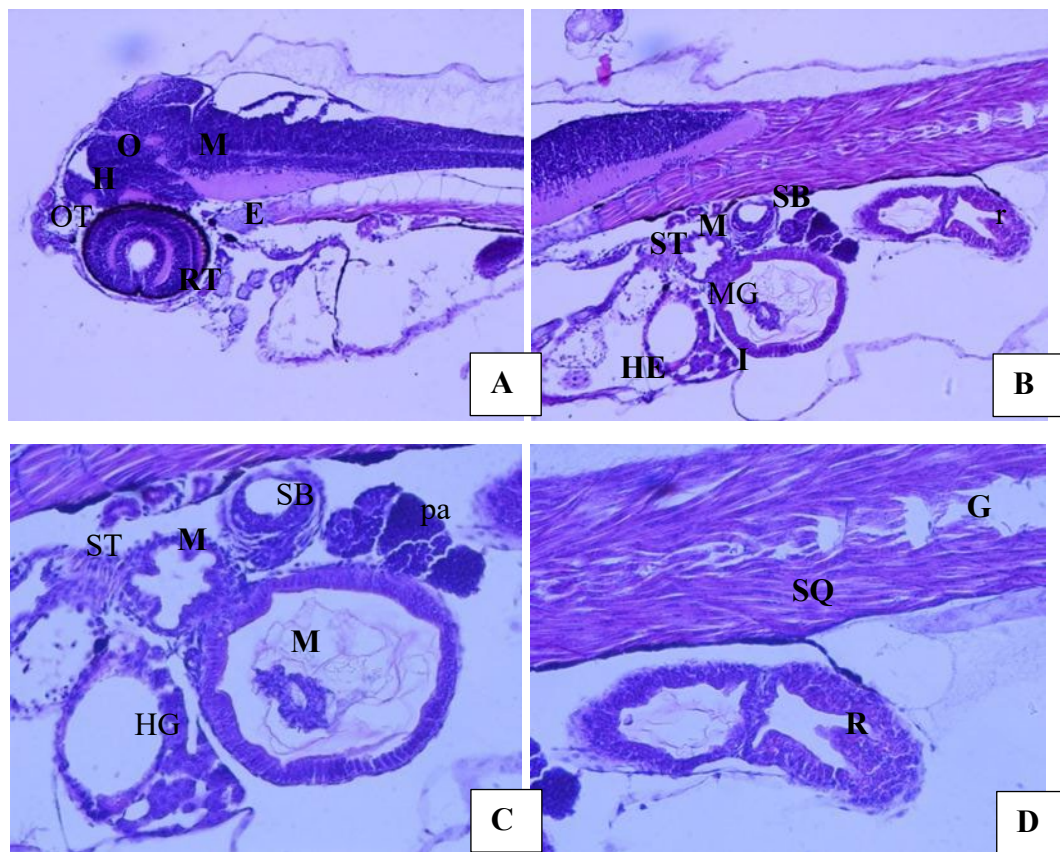
HASIL

Berikut adalah hasil pengamatan histologi organ dalam larva *yellowfin* tuna pada saat baru pertama menetas (D1), hari ke tiga setelah menetas (D3), hari ke lima setelah menetas (D5), hari ke tujuh setelah menetas (D7) dan hari ke tiga belas setelah menetas (D13). Histologi *yellowfin* tuna yang baru berumur satu hari (D1) menunjukkan mata yang tidak berpigmen, lubang penciuman tertutup dan terdapat kuning kuning telur (Gambar 1).



Gambar 1 : Irisan histologi larva yellowfin tuna umur D1(perbesaran 10x). f: membran kulit, LR: lapisan retina, m: medula oblongata, r: rektum, i: usus, n : notochord (tulang), ys: yolk sac (kuning telur), og: oil globule, ot: penciuman.

Organ dalam larva yang berumur tiga hari ditunjukkan pada Gambar. 2, saluran pencernaan mulai terbentuk pada hari ke tiga setelah menetas. Organ telinga dalam sudah terbentuk, penciuman, mata, esofagus, lambung dan ginjal juga sudah mulai terbentuk.



Gambar 2. Irisan histologi larva *yellowfin* tuna umur D3 perbesaran 20 kali (A dan B) dan perbesaran 40 kali (C dan D).E: rongga telinga dalam, r: rektum, I: usus, RT: retina, PA: pankreas, MG: mid gut, MV: mikro villi, HG: hind gut, SB: swim bladder, ST: perut, SQ: sel epitelium, GC: sel goblet, H: hypothalamus, M: medulla oblongata, O: lobus optikus

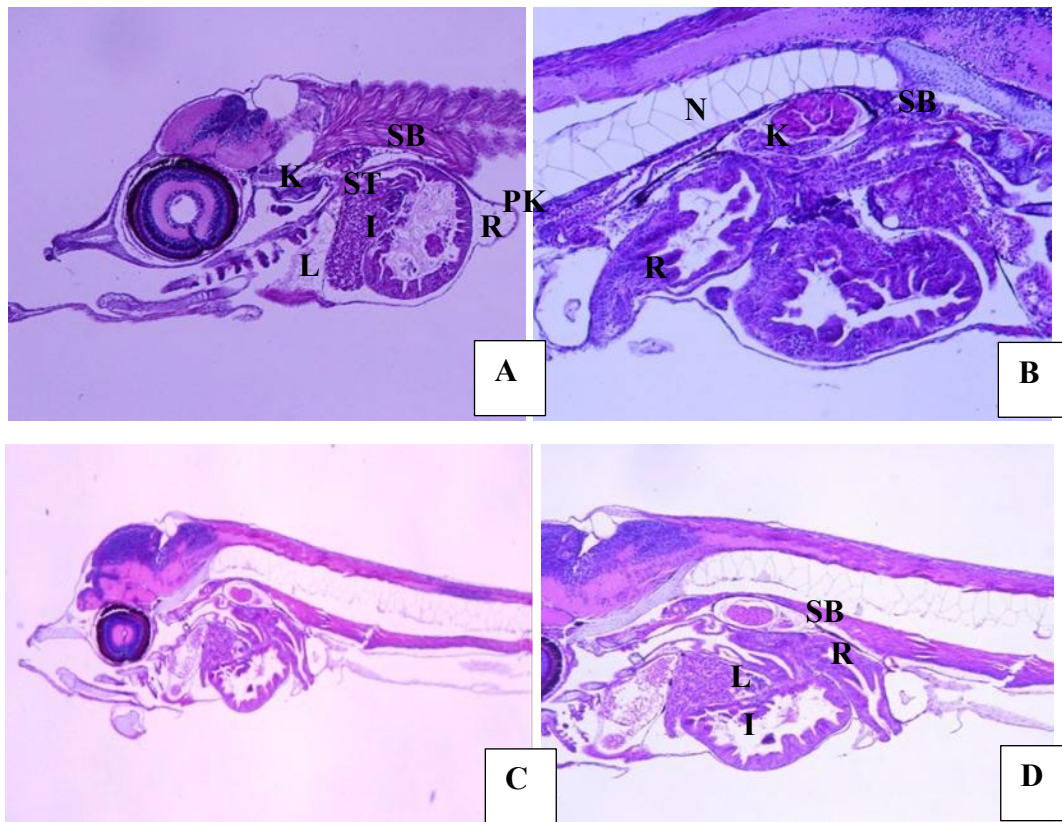
Gambar dibawah menunjukkan hasil histologi pada larva yang berumur lima hari, terlihat retina dan pigmen mata sudah berkembang lebih baik. Gelembung renang juga sudah terbentuk dan bagian olfaktori (penciuman) semakin jelas (LO).



Gambar 3 Irisan histologi larva tuna umur D5, I: usus, R: rektum, SB: gelembung renang, LO: lobus olfaktorius, M: medulla oblongata, O: lobus optikus, H: hypothalamus.

Hasil histologi pada umur tujuh hari, sepuluh hari dan 13 hari ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Irisan larva ikan *yellowfin* tuna umur D7 pada perbesarann 10x (A) ginjal depan dan

belakang sudah berkembang. (B) irisan larva *yellowfin* tuna sirip kuning D10 pada perbesaran 20 kali. C dan D irisan larva *yellowfin* tuna D13 pada perbesaran 10 kali.



Gambar 4 I: usus, L: hati, K: ginjal, PK: ginjal belakang, R: rektum, ST: perut, SB: gelembung renang

PEMBAHASAN

Larva *yellowfin* yang baru menetas, ditandai dengan sebgain besar rongga tubuhnya dipenuhi oleh kuning telur dan belum terdapat bukaan pada mulut. Hasil histologi larva *yellowfin* tuna pada hari pertama menetas (D1) menggambarkan organ – organ dalam larva belum lengkap dan bagian rongga perut larva masih berisi kuning telur. Usus yang belum terbentuk sempurna terlihat seperti tabung lurus. Pengamatan ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Kaji et al., 1999), menyatakan kuning telur ikan *yellow fin* tuna saat pertama kali menetas, tubuhnya akan tertutup kuning telur. Kuning telur pada larva ikan berfungsi sebagai cadangan makanan (Asih et al., 2010). Usus berbentuk sederhana yaitu berupa tabung lurus dengan bagian atas terbuka. Hasil penelitian (Kaji et al., 1999) pada larva *yellowfin* tuna *Thunnus albacares* menunjukkan lumen pada bagian usus sedikit membesar, terutama pada rongga perut. Gisbert & Doroshov (2003) menambahkan sistem pencernaan larva ikan yang baru menetas terdiri dari dua yaitu kantung kuning telur endodermal dan usus belakang primordial. Kantung kuning telur endodermal tersebut berisi trombosit kuning telur yang dilapisi dengan epitel skuamosa sederhana, yang akan berdiferensiasi menjadi dinding lambung dan usus. Usus belakang yang mengandung sedikit kuning telur terlihat sebagai rudiment lurus dan sempit nantinya akan berdiferensiasi menjadi katup spiral dan rektum. Belum terdapat organ pencernaan tambahan seperti hati dan pankreas (Gambar 1).

Volume kuning telur semakin mengecil dan hati mulai berdiferensiasi dibelakangnya. Gelembung renang yang belum sempurna mulai berdiferensiasi dari punggung usus anterior. Kawamura & Shukei (2003) menyatakan hasil histologi *bluefin* tuna untuk bagian dalam telinga larva sirip biru berbentuk vesikel bulat telur dengan dua otolit dan epitel bersilia yang dipersarafi (Gambar 2, poin e). Tiga makula terbentuk 18 jam setelah menetas dan kanalis semi sirkularis serta crus komune setelah 2 hari.

Retina mata *yellowfin* pada hari pertama menetas belum terbentuk sempurna. Saat menetas, mata larva sangat sederhana yang terdiri dari jaringan neuroepitel yang tidak berdiferensiasi yang mengelilingi area sentral dari jaringan yang tidak berdiferensiasi. Hari pertama menetas retina *bluefin* tuna telah mulai berdiferensiasi menjadi tiga lapisan saraf berbeda yang sedang berkembang: lapisan inti luar, lapisan inti dalam dan lapisan sel ganglion (Hilder et al., 2019). Kawamura & Shukei (2003) menyatakan sistem visual larva tuna sirip biru juga berkembang pesat dengan panjang 3,4 mm (13 jam sejak menetas), lensa mata telah terbentuk, lapisan inti luar retina memiliki satu lapisan sel dan lapisan pleksiform bagian dalam yang tipis sudah dapat dikenali. Pada awal menetas organ mata pada larva belum terbentuk dengan sempurna dikarenakan susunan germinal (lapisan) retina belum bisa dibedakan. Retina mata terdiri dari 10 lapisan, terdapat sel fotoreseptor yang terdiri dari sel batang dan sel kerucut berfungsi untuk melihat pada kondisi terang. Kemampuan larva ikan dalam melihat ditentukan oleh kelengkapan dari sel-sel penyusunnya (Asih et al., 2010)

Hari ke tiga setelah menetas (D3) kuning telur larva sudah terserap habis, saluran pencernaan seperti usus dan rectum mulai sudah terbentuk. Kawamura & Shukei (2003) menyatakan lapisan retina sudah terbentuk dan berkembang. Pada larva *bluefin* tuna yang berumur tiga hari, pigmen dan retina pada mata sudah muncul dan sistem penglihatan mulai terbentuk. Mulut sudah mulai terbuka yang menandakan siap mengambil makanan dari luar. Penglihatan merupakan indera utama yang digunakan oleh larva ikan dalam mencari makan. Pigmen pada mata akan berfungsi pada proses awal larva mulai makan (Kawamura & Shukei, 2003). Beberapa larva ikan menunjukkan fototaksis positif terhadap sumber cahaya buatan pada saat pertama kali diberi makan, namun larva *bluefin* tuna menunjukkan fototaksis dua hari setelah diberi makan pertama kali. Perkembangan pada retina *yellowfin* tuna akan meningkat dan kemampuan dalam penglihatan akan semakin baik seiring dengan pertumbuhan umur larva. Pada pemberian makan pertama, lensa kristal dengan cangkang kortikal terluar dari sel serat dapat diidentifikasi. Retina kerucut tunggal yang berdiferensiasi penuh hadir dengan pigmentasi pada permukaan sklerad retina. Pada tahap ini retina dianggap berfungsi.

Pada hari ketiga, organ penciuman larva *yellowfin* tuna sudah mulai berkembang Gambar 2A poin OT. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian (Kawamura & Shukei, 2003) yang menyatakan bahwa organ penciuman larva *Thunus orientalis* atau biasa disebut *bluefin* tuna pada saat berumur 2 hari sudah mulai berkembang dan memiliki lubang penciuman terbuka dan epitel penciuman terdiri dari sel reseptor bersilia, sel reseptor mikrovilus dan sel nonsensorik bersilia. Perkembangan organ penciuman larva menjadi salah satu indikator kesiapan larva untuk memperoleh makanan dari luar. Pada saat pertama kali memberi makan larva, saluran penciuman memanjang dan bulbus serta lobus penciuman berkembang dengan baik Gambar. 2A poin OT.

Gelembung renang pada larva *yellowfin* tuna berumur tiga hari terlihat mulai berkembang, terdapat sel-sel kuboid sebagai pembatas yang berfungsi untuk mensekresi gas (*gas secreting cell*). Sel kuboid tersebut akan berubah menjadi kelenjar pensекреksi gas. Gelembung renang pada larva *bluefin* tuna mulai berkembang saat umur empat hari setelah menetas (Nakagawa et al., 2011).

Organ dalam lainnya seperti hati, ginjal depan, lambung, rektum, usus dan pankreas mulai berkembang pada umur tiga hari. Saluran pencernaan sudah mulai terbentuk, volume

usus semakin besar dan ditemukan jaringan pakan alami dalam usus (Gambar 2. A dan B). Gunawan et al., (2018) menyatakan bahwa pada umur tiga hari larva *yellowfin* tuna sudah bisa memakan serta mampu mengasimilasi pakan. Perkembangan lambung pada setiap larva ikan berbeda – beda, pada *yellowfin* tuna lambung sudah terbentuk pada hari ke tiga setelah menetas. Lambung ikan kerapu akan terbentuk pada hari kedua (Abol-Munafi et al., 2011) dan pada ikan kakap merah terbentuk saat berumur lima hari (Mahardika et al., 2012).

Berdasarkan gambar hasil histologi larva *yellowfin* tuna pada hari ke lima setelah menetas, terlihat struktur sistem pencernaan dasar pada larva sudah mulai terbentuk. Rotifer terlihat berada di dalam saluran pencernaan, menandakan larva sudah mampu mencerna makanan dari luar. Pelipatan epitel saluran pencernaan mulai terlihat, semakin bertambahnya umur larva, lipatan ini akan semakin dalam dan tebal. Lipatan tersebut dinamakan vili, berupa tonjolan gepeng seperti daun yang ada di sepanjang usus, berfungsi dalam peningkatan penyerapan mukosa. Kaji et al., (1999) mengamati perkembangan sistem pencernaan larva *yellowfin* tuna *Thunnus albacares* yang berumur 4 hari, rotifer pertama kali mulai terlihat pada saluran pencernaan. Sel mukosa tidak terlihat pada epitel mulut rongga dan esofagus. Kelenjar lambung tidak diamati pada mukosa lambung. Usus melingkar dan epitelnya terdiri dari sel-sel penyerap kolumnar yang dibatasi dengan batas lurik yang berkembang dengan baik. Rektum terpisah dari usus melalui katup rektal yang berkembang dengan baik. Lapisan retina pada larva *bluefin* tuna D5 semakin menebal dan kemampuan untuk melihat semakin baik (Kawamura & Shukei, 2003).

Pada hari ke tujuh, gigi faring bagian atas mulai muncul. Kuning telur masih ditemukan disekitar hepatosit. Sel mukosa muncul di dalam epitel oesofagus dan mengeluarkan zat lendir ke dalam lumen (Kaji et al., 1999)

Hari ke 10 sel mukosa di dalam epitelium oesofagus meningkat jumlahnya, tapi tidak terlihat adanya sel mukosa pada bagian epitel rongga mulut. Pada larva kerapu sunu yang berumur 10 dan 13 hari usus depan akan berubah menjadi lambung, usus akan memiliki lapisan mukosa yang lebih tebal dibandingkan dengan lambung (Mujimin & Sujarwani, 2020)

Larva *yellowfin* tuna D12 hingga D14 akan mengalami flexion larva, yaitu sel mukosa dalam mulut rongga perut masih berceceran. Sel epitelium dan sel mukosa yang terdapat di dalam esofagus akan meningkat. Pada perut bagian belakang muncul kelenjar gastrik untuk pertama kali. Pada D12 mulai terlihat sedikit sel mukosa pada bagian epitel rongga mulut. Lipatan mukosa lambung berkembang dan bagian posterior dorsalnya membesar membentuk kantung. Kelenjar lambung mulai terlihat pada larva yang berumur 14 hari (Kaji et al., 1999).

KESIMPULAN

Larva umur D1, sistem pencernaan berbentuk tabung lurus sederhana, sistem penglihatan, penciuman dan gelembung renang belum terbentuk sempurna. Hari ke 3 saluran pencernaan mulai terbentuk, organ telinga dalam, penciuman, mata, esofagus, lambung dan ginjal juga sudah mulai terbentuk. Retina dan pigmen mata sudah berkembang lebih baik, gelembung renang juga sudah terbentuk dan organ penciuman semakin jelas pada umur D5. Organ-organ larva terus berkembang seiring dengan pertumbuhan dan penambahan umur larva. Berdasarkan perkembangan penglihatan, penciuman, pencernaan larva *yellowfin* tuna sudah bisa diberikan pakan pertama pada hari ke 3 setelah menetas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis ucapkan kepada pimpinan dan semua pegawai Laboraturium Tuna Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan Gondol atas seluruh dukungan dan sarana prasarana selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abol-Munafi, A. B., Andriyanto, W., Ismi, S., Nirmala, A. Y., Mastuti, I., Muzaki, A., & Effendy, A. W. M. (2011). The Ontogeny of the Digestive Tract and Associated Organs of Humpback Grouper (*Cromileptes altivelis*) Larvae. *Asian Fisheries Science*, 24(4). <https://doi.org/10.33997/j.afs.2011.24.4.003>
- Asih, Y., Mahardika, K., Mastuti, I., & Ismi, S. (2010). PERKEMBANGAN ORGAN DALAM LARVA KERAPU BEBEK, *Cromileptes altivelis* - PDF Free Download. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*.
- Asri, Y., Dwiyantri, S., Mukhlis, A., Scabra, A., Diamahesa, W., Muahiddah, N., Sumsanto, M., & Hizbulloh, L. (2023). Penyuluhan Gamsting (Gerakan Memasyarakatkan Makan Ikan untuk Mencegah Stunting) Di PAUD Rinjani Darma Wanita Universitas Mataram. *Jurnal Abdi Insani*, 10(3).
- Asri, Y., Nirmala, K., Prihadi, T. H., & Hutapea, J. H. (2023). Kelangsungan Hidup Larva Yellow Fin Tuna (*Thunnus albacares*) Yang. *Intek Akuakultur*, 7(1), 31–43.
- Firdaus, M. (2018). *The Profile of Tuna and Cakalang Fishery in Indonesia*.
- Galaviz, M. A., García-Gasca, A., Drawbridge, M., Álvarez-González, C. A., & López, L. M. (2011). Ontogeny of the digestive tract and enzymatic activity in white seabass, *Atractoscion nobilis*, larvae. *Aquaculture*, 318(1–2), 162–168. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.05.014>
- Gisbert, E., & Doroshov, S. I. (2003). Histology of the developing digestive system and the effect of food deprivation in larval green sturgeon (*Acipenser medirostris*). *Aquatic Living Resources*, 16(2), 77–89. [https://doi.org/10.1016/S0990-7440\(03\)00029-9](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(03)00029-9)
- Gunawan, Harianto Hutapea, J., Setiadi, A., & Ketut Mahardika. (2018). PERKEMBANGAN SALURAN DAN SISTEM PENCERNAAN PADA LARVA IKAN TUNA SIRIP KUNING, *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788). *Jurnal Riset Akuakultur*, 13(4). <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jra>
- Hilder, P. E., Battaglione, S. C., Hart, N. S., Collin, S. P., & Cobcroft, J. M. (2019). Retinal adaptations of southern bluefin tuna larvae: Implications for culture. *Aquaculture*, 507, 222–232. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.024>
- Kaji, T., Tanaka, M., Oka, M., Takeuchi, H., Ohsumi, S., Teruya, K., & Hirokawa, J. (1999). Growth and Morphological Development of Laboratory-Reared Yellowfin Tuna *Thunnus albacares* Larvae and Early Juveniles, with Special Emphasis on the Digestive System. In *Fisheries Science* (Vol. 65, Issue 5).
- Kaji, T., Tanaka, M., & Takahashi, Y. (1996). Preliminary Observations on Development of Pacific Bluefin Tuna *Thunnus thynnus* (Scombridae) Larvae Reared in the Laboratory, with Special Reference to the Digestive System. In *Mal: Freshwater Res* (Vol. 47).
- Kawamura, G., & Shukei, M. (2003). *Morphogenesis of sense organs in the bluefin tuna Thunnus orientalis*. [Institute of Marine Research].

- Kobayashi, T., Honryo, T., Agawa, Y., Sawada, Y., Tapia, I., Macias, K. A., Cano, A., Scholey, V. P., Margulies, D., & Yagishita, N. (2015). Gonadogenesis and slow proliferation of germ cells in juveniles of cultured yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. *Reproductive Biology*, 15(2), 106–112. <https://doi.org/10.1016/j.repbio.2015.01.003>
- Mahardika, K., Mastuti, I., & Melianawati, R. (2012). *HISTOLOGICAL STUDY ON INTERNAL ORGANS DEVELOPMENT OF MANGROVE SNAPPER, Lutjanus argentimaculatus LARVAE*.
- Mujimin, & Sujarwani. (2020). PENGAMATAN PERKEMBANGAN ORGAN STADIA AWAL LARVA KERAPU SUNU (*Plectropomus leopardus*) SECARA HISTOLOGI. *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*, 18(1), 19–23.
- Nakagawa, Y., Kurata, M., Sawada, Y., Sakamoto, W., & Miyashita, S. (2011). Enhancement of survival rate of Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) larvae by aeration control in rearing tank. *Aquatic Living Resources*, 24(4), 403–410. <https://doi.org/10.1051/alr/2011150>
- Partridge, G. J., Benetti, D. D., Stieglitz, J. D., Hutapea, J., McIntyre, A., Chen, B., Hutchinson, W., & Scholey, V. P. (2011). The effect of a 24-hour photoperiod on the survival, growth and swim bladder inflation of pre-flexion yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) larvae. *Aquaculture*, 318(3–4), 471–474. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.05.039>
- Rudi Hartanto, T., Suharno, S., & Burhanuddin, B. (2021). Daya Saing Ekspor Ikan Tuna-Cakalang-Tongkol Indonesia di Pasar Amerika Serikat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 24(2), 227–235. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v24i2.36075>
- Wexler, J. B., Scholey, V. P., Olson, R. J., Margulies, D., Nakazawa, A., & Suter, J. M. (2003). Tank culture of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*: Developing a spawning population for research purposes. *Aquaculture*, 220(1–4), 327–353. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00429-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00429-5)