

MENGENAL LARVA IKAN

Dr. Darsiani, S.Pi., M.Si.



GET PRESS INDONESIA

MENGENAL LARVA IKAN

Penulis:

Dr. Darsiani, S.Pi., M.Si

ISBN:

Editor: Mila Sari, M.Si.

Penyunting: Yuliatrini Novita, M.Hum.

Desain Sampul dan Tata Letak: Tri Putri Wahyuni, S.Pd.

Penerbit: GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi:

Jl. Palarik RT 01 RW 06, Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tengah, Padang, Sumatera Barat

website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran-Nya, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya, sehingga penulisan buku ini dapat diselesaikan, berjudul “Mengenal Larva Ikan Laut”.

Buku ini berisi tentang hasil-hasil penelitian terkait penanganan larva ikan laut yang didukung oleh hasil penelitian mandiri penulis, sehingga isi buku ini sangat tepat menjadi bahan bacaan bagi masyarakat perikanan secara umum.

Buku ini telah kami susun dengan maksimal dan mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu kami menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pembuatan buku ini.

Terlepas dari semua itu, kami menyadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu dengan tangan terbuka kami menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar tulisan kami di masa mendatang jauh lebih baik lagi.

Akhir kata kami berharap semoga makalah ilmiah tentang limbah dan manfaatnya untuk masyarakat ini dapat memberikan manfaat maupun inspirasi terhadap pembaca.

Majene, 26 Mei 2024

Penyusun

PRAKATA

Buku ini berisi tentang hasil-hasil penelitian terkait penanganan larva ikan laut yang didukung oleh hasil penelitian mandiri penulis, sehingga isi buku ini sangat tepat menjadi bahan bacaan bagi masyarakat perikanan secara umum.

Penulis berharap penyusunan buku ini, dapat memberikan manfaat pengetahuan kepada khalayak yang tertarik untuk membaca buku perikanan, termasuk mahasiswa, dosen, peneliti, *hobbies*, *stakeholder* terkait terkait dengan bidang perikanan. Penulis menganggap buku ini masih banyak kekurangan yang perlu disempurnakan, oleh karena itu kami berharap ada kritik atau masukan agar buku ini menjadi lebih baik lagi di masa mendatang.

Tak lupa penulis sampaikan banyak terima kasih kepada berbagai pihak. Kepada keluarga besar Abdul Rauf Riasang, Hamma Ali, La Ode Tagu, La Ode Tura, seluruh staf IPUW Barru terkhusus pak Ramadhan dan Walidi, serta seluruh civitas kampus Universitas Sulawesi Barat dan IPB University yang memberikan dukungan penuh kepada penulis sehingga buku ini dapat terselesaikan dengan baik.

Majene, 26 Mei 2024

Darsiani

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
PRAKATA.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
BAB I INDUK DAN PEMIJAHAN.....	1
BAB II PANEN TELUR, PENANGANAN TELUR DAN PENGUNAAN PAKAN AWAL BAGI LARVA IKAN.....	7
BAB III ROTIFERA SEBAGAI PAKAN AWAL BAGI LARVA IKAN... 13	
3.1 Rotifera.....	13
3.2 Pengayaan Rotifera.....	15
3.2 Jenis Pakan Alami Lain yang Dapat digunakan Sebagai Pakan Larva Ikan.....	24
BAB IV PERKEMBANGAN SALURAN PENCERNAAN DAN ORGAN MATA LARVA.....	39
4.1 Perkembangan Saluran Cerna dan Aktivitas Enzim Pencernaan pada Ikan <i>S. guttatus</i>	39
4.2 Perkembangan Saluran Cerna dan Aktivitas Enzim Pencernaan pada Jenis Lain.....	40
4.3 Perkembangan Mata Larva.....	44
4.4 Perubahan Bentuk Tubuh Larva Ikan Baronang dari Umur 1-10 Hari Setelah Menetas.....	51
BAB V UPAYA PENINGKATAN KUALITAS DAN KUANTITAS LARVA MELALUI PENDEKATAN NUTRISI.....	53
5.1 β -Karoten sebagai Pengaya Rotifera untuk Baronang.....	53
5.2 Taurin sebagai Pengaya Rotifera untuk Baronang.....	55
BAB VI WEANING (PENYAPIHAN).....	63
6.1 Tujuan dan Manfaat.....	63
6.2 Waktu weaning yang tepat pada beberapa spesies ikan.....	64
BAB VII PENUTUP.....	70
7.1 Kesimpulan.....	70
7.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71
BIODATA PENULIS.....	89

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Dosis penggunaan taurin bagi beberapa jenis ikan.....22

Tabel 6. 1. *Weaning* beberapa spesies ikan.....68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Perilaku pemijahan ikan <i>S. guttatus</i> . A. Jantan (cerah) mendekati betina dan menyenggol anal betina (gelap), B. Jantan berenang di samping betina, C. Jantan kembali menyenggol operculum, anal dan area ekor betina, D. Jantan tetap memberi bantuan kepada betina untuk melepaskan telur, E. Betina melepaskan telur, F. Jantan pun ikut melepaskan sperma.....	2
Gambar 1. 2. Tata laksana pemijahan buatan dengan bantuan hormon.....	4
Gambar 1. 3. Kolektor telur (<i>shelter</i>) ikan baronang yang digunakan di pembenihan ikan baronang IPUW Barru	7
Gambar 2. 1. Metamorfosis ikan <i>S. guttatus</i>	8
Gambar 2. 2. Jadwal pemberian pakan pada larva siganid selama 35 hari Pemeliharaan (Sumber: Juario <i>et al.</i> , 1985).....	11
Gambar 2. 3. Jadwal pemberian pakan pada larva siganid selama 45 hari Pemeliharaan.....	11
Gambar 3. 1. A. Kopepoda Siklopoid (Perbesaran 40x) (A. kopepoda yang diperoleh dari perairan Galesong; Darsiani, 2015), B. Oithona sp. (B. Aliah dkk., 2010)	25
Gambar 3. 2. Nitzschia	26
Gambar 3. 3. <i>Daphnia</i> sp.	29
Gambar 3. 4. <i>Spirulina</i> sp.	32
Gambar 4. 1. Hasil pengamatan isi perut larva ikan <i>S. guttatus</i> pada setiap perlakuan dosis β -karoten, A = tanpa β -karoten, B = 2,5 mg L ⁻¹ β -karoten, C = B5,0 mg L ⁻¹ β -karoten, D = B7,5 mg L ⁻¹ β -karoten, dan E = B10 mg L ⁻¹ β -karoten.....	48
Gambar 4. 2. Tampilan warna rotifera setelah pengayaan pada setiap perlakuan dosis β -karoten, A = tanpa β -karoten, B = B2,5 mg L ⁻¹ β -karoten, C = B5,0 mg L ⁻¹ β -karoten, D= B7,5 mg L ⁻¹ β -karoten, dan E = B10 mg L ⁻¹ β -karoten.....	49

- Gambar 4. 3. Perkembangan retina larva *S. guttatus* yang diberi taurin, (DAH= *day after hatch*, (tanda panah berwarna kuning menunjukkan 1. RPE, 2. sel fotoreseptor dan 10. lensa), A (pada umur 2 DAH), B, C, D, E (pada 10 DAH) dengan perlakuan dosis taurin, B. T0 mg L⁻¹, C. T25 mg L⁻¹, D. T50 mg L⁻¹, E. T75 mg L⁻¹ (pembesaran 4x), F. Bagian pada retina (pembesaran 100x).....50
- Gambar 4. 4. Morfologi Larva Ikan *S. guttatus*; A. Umur 6 HAH, B. 13 HAH, C. 24 HAH, D. 2 DAH, E. 3 DAH, F. 4 DAH, HAH= *Hour After Hatching*, DAH= *Day After Hatching*...51

BAB I

INDUK DAN PEMIJAHAN

Pemijahan adalah perkawinan antara induk jantan dan betina. Ikan betina mengeluarkan sel telur dan jantan mengeluarkan sel sperma, dan selanjutnya pertemuan kedua sel tersebut terjadi di luar tubuh induk (Yuatiati, Herawati and Nurhayati, 2015).

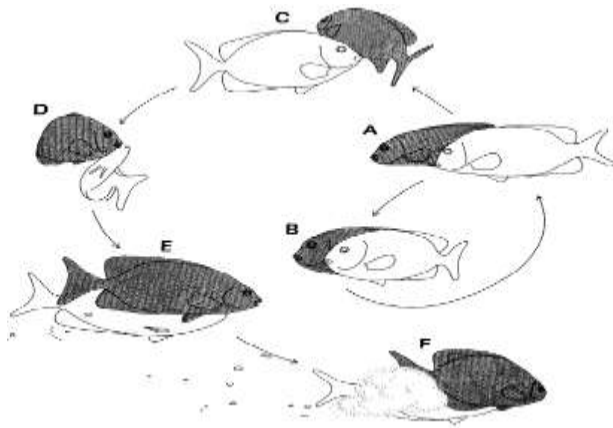
Menurut (Al Ishaqi and Sari, 2019), pemijahan pada ikan dikenal dengan 3 jenis yakni dapat dilakukan secara alami, semi buatan, dan buatan. Hal serupa dinyatakan oleh (Gusrina, 2008), ada tiga jenis pemijahan ikan berbeda yang dapat antara lain:

1. Pemijahan alami yakni pemijahan tanpa rangsangan hormon
2. Pemijahan semi intensif, yaitu pemijahan dengan bantuan rangsangan hormon untuk mempercepat pematangan gonad, namun ovulasinya terjadi secara alami
3. Pemijahan intensif, yaitu pemijahan ikan dengan memberikan rangsangan hormon untuk mempercepat pematangan gonad dan ovulasinya dilakukan secara buatan dengan teknik *stripping* (pengurutan).

Di habitat alami, *Siganus guttatus* (nama lokal: baronang) merupakan spesies yang berkelompok namun berpasangan pada musim kawin dan perkawinan terjadi sepanjang tahun (Hara, Kohno and Taki, 1986). Induk betina baronang memiliki warna yang kurang cerah dibandingkan induk jantan, ukurannya lebih besar dan memiliki perut yang buncit. Pemijahan *S. guttatus* di alam terjadi sepanjang tahun, tepatnya 2-5 hari sebelum bulan penuh atau pada 2-3 hari setelah antara bulan baru dan bulan purnama dan mencapai puncak pada awal bulan (Duray, 1998).

Baronang spesies lain yakni *S. canaliculatus*, matang gonad lebih awal dibandingkan spesies baronang lainnya, dan betinanya mencapai matang gonad lebih awal dibandingkan jantan. Ukuran betina yang matang gonad 10,6cm SL dan jantannya berukuran 11,6cm SL. Untuk *S. guttatus*, betina matang gonad pada umur 10 bulan dengan panjang 19cm FL, dan jantannya matang gonad pada umur 12 bulan dengan panjang 21,5cm FL (Duray, 1998). Pada ikan *S. canaliculatus* di Filipina dan Singapura, memijah pada bulan Januari hingga April setiap tahunnya (Jaikumar, 2012) dan di Hongkong terjadi pada bulan Maret sampai dengan bulan Juni.

Proses reproduksi pada ikan baronang *S. guttatus* yakni induk jantan mendorong perut betina untuk membantu pelepasan telur. Jika telur sudah dilepaskan oleh induk betina, lalu induk jantan menyemprotkan sperma, dan pembuahan terjadi di luar tubuh. Gambaran pemijahan ikan *S. guttatus* (Hara, Kohno and Taki, 1986) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. 1. Perilaku pemijahan ikan *S. guttatus*. A. Jantan (cerah) mendekati betina dan menyenggol anal betina (gelap), B. Jantan berenang di samping betina, C. Jantan kembali menyenggol operculum, anal dan area ekor betina, D. Jantan tetap memberi bantuan kepada betina untuk melepaskan telur, E. Betina melepaskan telur, F. Jantan pun ikut melepaskan sperma (Hara, Kohno and Taki, 1986)

Pada pembenihan ikan baronang *S. guttatus* yang dilakukan di IPUW Barru, menggunakan metode pemijahan alami. Induk ikan baronang memijah setiap bulan, yakni berkisar pada tanggal 9-13 (berdasarkan penanggalan kamariah). Lama masa memijah sekitar 2-3 hari saja, dan jumlah telur paling banyak diperoleh pada pertengahan waktu pemijahan tersebut.

Untuk menyiapkan pemijahan secara alami yang dilakukan di IPUW, terlebih dahulu dilakukan pemilihan induk yang siap dikawinkan. Kemudian ditempatkan dalam wadah pemijahan dengan perbandingan 1:3 (antara jumlah jantan dan betina). Menjodohkan ikan baronang tidak terlalu sulit, tetapi yang menjadi hal krusial adalah indukan yang digunakan sudah dapat diadaptasikan dalam wadah terkontrol, responsif pada pakan buatan, dan sudah terbiasa dengan kehadiran manusia.

Kisaran parameter kualitas air sangat mempengaruhi keberhasilan pemijahan ikan (Aidil, Zulfahmi and Muliari, 2016), sehingga menjadi poin penting dalam penanganan induk ikan secara tepat pada masa pemijahan. Bagi pemijahan induk ikan baronang di IPUW, pemijahan alami dilakukan pada kisaran suhu media pemijahan antara 20-25°C, salinitas 25-30 ppt, dengan rasio jantan betina 1;3.

Pemijahan ikan baronang *S. guttatus* sudah dapat dilakukan secara buatan yakni dengan cara induksi/ pemberian hormon. Induksi pada *S. guttatus* dapat menggunakan HCG sebanyak 2,0 IU/g, dapat pula menggunakan LHRHa sebanyak 6,7 mg/pelet/250gr ikan, dan dosis penggunaan *Clomiphine sitrat* sebanyak 2,0/mg/g ikan (Duray, 1998). Pada ikan baronang, penggunaan ovaprim masih terbatas informasinya.

Tetapi pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) penggunaan ovaprim sudah sangat sering dilakukan dan berhasil. Cara aplikasi ovaprim pada ikan secara umum, dapat disuntikkan pada bagian *intramuscular* (penyuntikan pada ke dalam otot), *intraperitorial* (penyuntikan pada rongga perut), dan *intracranial* (penyuntikan pada bagian kepala). Beberapa yang perlu diperhatikan pada penggunaan hormon, antara lain: masa laten,

dosis hormon, dan ukuran ikan (Yuatiati, Herawati and Nurhayati, 2015). Tata laksana pemijahan buatan dengan induksi hormon dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. 2. Tata laksana pemijahan buatan dengan bantuan hormon (Sumber: Slembrouck *et al.*, 2005)

Induksi kelenjar hipofisa atau hormon ovaprim ke dalam tubuh ikan yang sudah matang gonad merupakan salah satu upaya untuk mempercepat proses pemijahan, sehingga dapat merangsang perkembangan telur dan ketersediaan benih dalam kualitas serta kuantitas yang cukup dapat dicapai (Al Ishaqi and Sari, 2019).

(Shaheen *et al.*, 2011) menemukan bahwa *Cyprinus carpio* yang dipijahkan secara alami memiliki fekunditas yang rendah dibandingkan dengan yang diinduksi ovaprim. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa selama proses pemijahan secara alami, kondisi induk dan elemen lingkungan lainnya, seperti stres dan suhu yang disebabkan oleh predator, dapat menyebabkan tingkat kematangan telur yang berbeda dan menghasilkan nilai fekunditas yang lebih rendah. Pada studi tersebut menemukan nilai fekunditas 30.010 ± 719 untuk pemijahan alami, dan nilai

fekunditasi 43.995 ± 1412 untuk pemijahan dengan suntikan ovaprim.

Menurut (Blecha *et al.*, 2016), penambahan hormon dalam pemijahan semi alami sangat efektif dan merupakan komponen penting dalam proses produksi larva. Salah satu cara untuk mempercepat proses pemijahan adalah dengan menginduksi kelenjar hipofisa atau hormon ovaprim ke dalam tubuh ikan yang sudah matang gonad. Hal ini dapat merangsang perkembangan telur dan pemijahan untuk memastikan ketersediaan benih yang cukup dalam kualitas dan kuantitas.

BAB II

PANEN TELUR, PENANGANAN TELUR DAN PENGUNAAN PAKAN AWAL BAGI LARVA IKAN

Pada panti pembenihan, ada rangkaian kegiatan penanganan telur yang dinamakan koleksi telur. Koleksi telur ikan dilakukan dengan bantuan alat yakni kolektor telur. Desain kolektor telur dapat bermacam-macam karena disesuaikan dengan kondisi biologi ikan yang dipelihara. Misal; pada ikan yang memiliki telur yang merekat (adesif) seperti ikan baronang, kolektor telurnya dibuat menyerupai lembaran jaring paranet diberi bingkai logam agar mudah ditenamkan dalam kolom air dan memudahkan pemindahan telur ke bak penetasan. Kolektor telur yang digunakan di pembenihan ikan baronang IPUW (Instalasi Pembenihan Udang Windu) Barru Sulawesi Selatan, dapat dilihat pada Gambar 3.

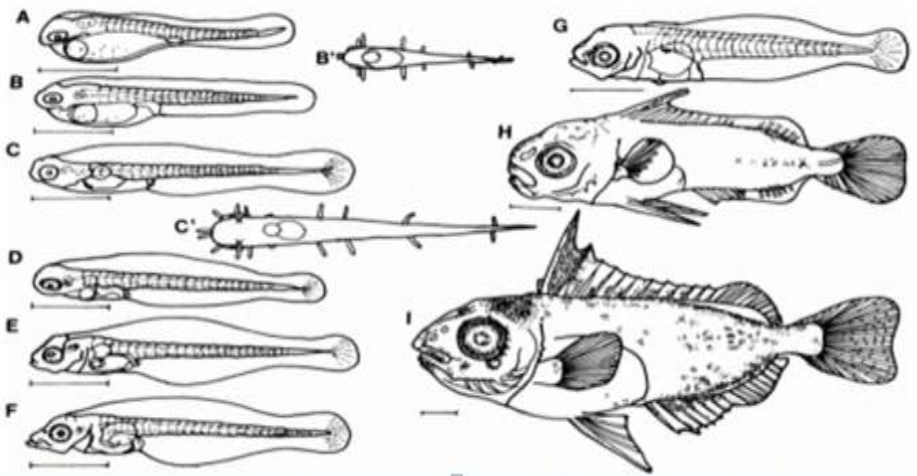


Gambar 1. 3. Kolektor telur (*shelter*) ikan baronang yang digunakan di pembenihan ikan baronang IPUW Barru

Telur baronang berukuran antara 0,42-0,70 mm. Ukuran telur *S. guttatus* 0,46-0,60 mm. Untuk menetas telur, diperlukan suhu antara 22-30°C dengan salinitas 31-34 ppt dan masa inkubasi 18-35 jam (Duray, 1998).

Larva yang baru menetas bersifat pelagis, transparan yang berukuran 0,70 x 0,24 mm dengan kuning telur dan gelembung minyak (Hara, Kohno and Taki, 1986). Larva baronang pada umur 1 hari memiliki panjang tubuh (TL) 1,7-2,0 mm, pada hari ke-2 setelah menetas 2,1-2,2, pada hari ke-7 setelah menetas 2,7-3,0, hari ke-14 setelah menetas 4,2-4,3 mm, hari ke-21 setelah menetas 6,2-6,3 mm, dan pada hari ke-28 setelah menetas 12-12,7 mm (Lante and Muslimin, 2012).

Ukuran bukaan mulut larva berumur 30-31 jam setelah menetas adalah 0,08 mm (Duray, 1998) dan pada umur 2 hari setelah menetas ukurannya meningkat menjadi 0,125 mm (Hara, Kohno and Taki, 1986). Untuk melihat perkembangan morfologi siganid ditampilkan pada Gambar 4 (Hara, Kohno and Taki, 1986); (Duray, 1998), yakni mulai dari umur 0 hari setelah menetas sampai pada fase definitif (benih).



Gambar 2. 1. Metamorfosis ikan *S. guttatus* (Duray, 1998)

Keterangan pada Gambar 2.1:

- A. Baru menetas
- B. 6 jam setelah menetas (cupula sudah muncul)
- C. 13 jam setelah menetas (cupula berkembang)
- D. 24 jam setelah menetas
- E. 39 jam setelah menetas
- F. Berusia 2 hari setelah menetas
- G. Usia 8 hari
- H. Usia 13 hari (awal metamorfosis)
- I. Juvenil (definitif) usia 17 hari

Masa kritis bagi larva baronang terjadi pada 3 tingkatan kelompok umur, sebagai berikut:

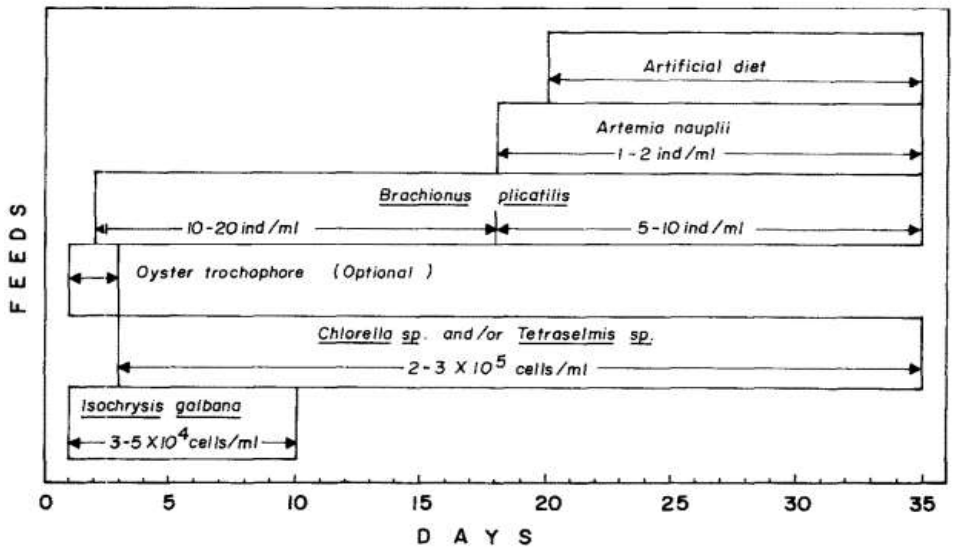
1. Kematian terjadi pada saat kuning telur habis yang mengharuskan larva memenuhi kebutuhan nutrisinya dari pakan luar tubuhnya. Jika pakan yang sesuai bagi larva tidak tersedia pada masa tersebut, maka akan mengakibatkan mortalitas yang tinggi bagi larva. Kuning telur habis pada umur 2-3 hari setelah menetas (Juario *et al.*, 1985); (Duray, 1998).
2. Jumlah larva yang mati juga tinggi pada masa larva mengalami metamorfosis yakni pada umur 12-13 hari setelah menetas. Masa ini ditandai dengan tumbuhnya duri keras pada sirip punggung (jari kedua sirip punggung) dan beralihnya kondisi fisiologi larva dari karnivora ke herbivora (mulai memanfaatkan alga sebagai sumber nutrisi) serta larva memperlihatkan gerakan agresif (Duray, 1998).
3. Pada umur 18 hari larva mulai mendiami dasar wadah dan sampai pada umur 23-24 hari setelah menetas (metamorfosis).

Pemenuhan permintaan baronang masih mengandalkan hasil tangkapan, karena adanya kendala yang dihadapi dalam kegiatan pembenihan. Salah satu kendala yang mencolok adalah

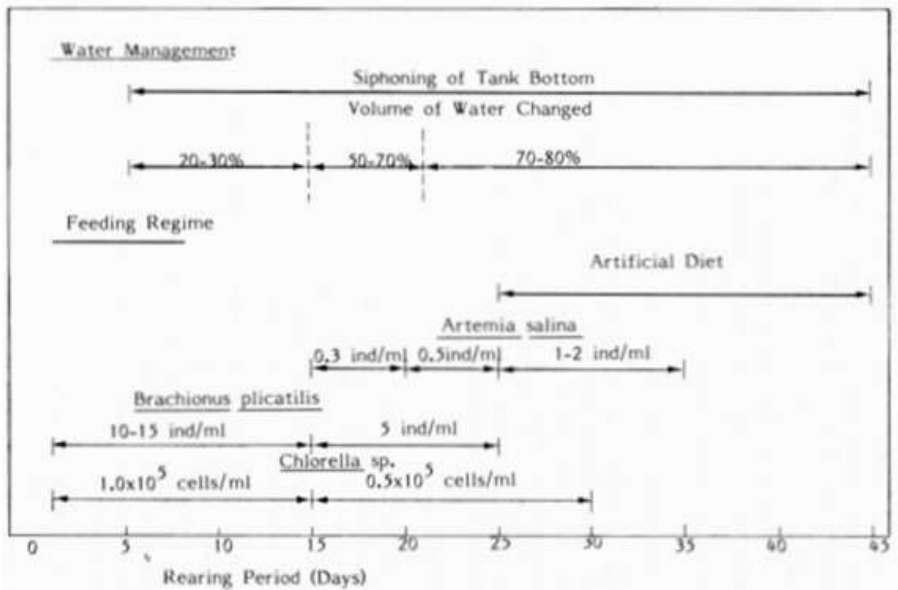
penguasaan strategi pemberian pakan bagi larva yang belum memadai, mengakibatkan kelangsungan hidup larva menjadi sangat rendah (Juario *et al.*, 1985). Pada *S. guttatus* kelangsungan hidupnya hanya 0,2-31,6% yang dipelihara pada bak bervolume 500 L/tangki, *S. lineatus* kelangsungan hidupnya 16% dari hari ke-0 sampai dengan umur 35 hari setelah menetas, dan untuk *S. vermiculatus* kelangsungan hidupnya hanya 9% yang dipelihara dalam bak beton bervolume 80 m³ (Duray, 1998). Memang secara alamiah semua jenis baronang memiliki pertumbuhan yang lambat pada awal kehidupannya, termasuk *S. guttatus* yang lambat pada masa juvenil muda dan pertumbuhan cepat pada masa pra-dewasa (Duray, 1998).

Selain itu, hambatan lainnya adalah ketepatan ukuran pakan yang diberikan pada fase larva. Ukuran pakan membutuhkan perhatian ekstra, karena ukuran bukaan mulut larva baronang sangat kecil. Ukuran bukaan mulut ikan *S. guttatus* hanya 0,08 mm pada umur 30,5 jam setelah menetas. Pada fase larva memerlukan penanganan yang ekstra hati-hati karena larva baronang rentan mati (Duray, 1998). Pada pembenihan ikan baronang *S. guttatus* dibutuhkan penambahan *Chlorella* dan/atau *Tetraselmis* sp ke dalam media pemeliharannya sampai pada umur 35 hari setelah penetasan (DPH) dengan kepadatan 2-3 x 10⁵ sel/mL (Juario *et al.*, 1985).

Duray (1998) menyarankan penggunaan pakan alami jenis rotifera pada tahap awal pemberian pakan yang berukuran 80-120µm. Dapat pula dilakukan penambahan *Isochrysis galbana* ke dalam media air pada umur 0-10 hari setelah menetas dengan kepadatan 3-5 x 10⁴ sel/mL. Untuk lebih jelasnya, manajemen pemberian pakan alami selama 35 hari ditampilkan pada Gambar 5 (Juario *et al.*, 1985) dan pemeliharaan 45 hari ditampilkan pada Gambar 6 (Duray and Juario, 1988).



Gambar 2. 2. Jadwal pemberian pakan pada larva siganid selama 35 hari Pemeliharaan (Sumber: Juario *et al.*, 1985)



Gambar 2. 3. Jadwal pemberian pakan pada larva siganid selama 45 hari Pemeliharaan (Sumber: Duray and Juario, 1988)

BAB III

ROTIFERA SEBAGAI PAKAN AWAL BAGI LARVA IKAN

3.1 Rotifera

Pakan alami adalah organisme hidup di dalam air yang disediakan secara terus menerus bagi larva ikan (baik larva ikan air tawar maupun larva ikan air laut). Pakan alami memiliki pergerakan yang dapat merangsang larva untuk melakukan pemangsaan, namun harus tetap memperhatikan kemampuan larva mengejar pakan alami tersebut, agar tidak mengeluarkan banyak energi untuk mendapatkan energi pakan. Pakan alami dapat berupa fitoplankton, zooplankton maupun bentos.

Rotifera populer digunakan sebagai pakan alami karena memiliki ciri biologi yang memenuhi kriteria cocok bagi larva ikan (bentuk dan ukuran), memiliki pergerakan relatif lambat, sehingga mempermudah bagi larva untuk proses pemangsaan dan memiliki nutrisi yang cukup tinggi yakni asam lemak, vit C, vit E (Hamre, 2016). Akan tetapi pakan alami masih membutuhkan pengkayaan tidak terkecuali rotifera, mengingat konten nutrisinya tidak stabil (Li *et al.*, 2017) dan hal ini akan memberi pengaruh yang buruk bagi larva yang mengkonsumsinya di tahap remaja akhir. Pengurangan konten nutrisi pada pakan alami, diduga karena digunakan dalam melakukan pergerakan dan memenuhi kebutuhan nutrisinya sendiri untuk mempertahankan hidup.

Rotifera yang telah teridentifikasi kebanyakan hidup di air tawar dan hanya sekitar 50 jenis yang hidup di air laut. Jenis yang paling terkenal dimanfaatkan sebagai pakan alami adalah jenis *Brachionus* (Rimper, Harikedua and Warouw, 2019). *Brachionus*

terdiri atas dua tipe, dapat dibedakan dari morfologinya. Tipe S (*small* dengan ukuran berkisar antara 140-220 μm) dan tipe L (*large* dengan ukuran berkisar antara 230-320 μm). Perbedaan selanjutnya pada bentuk lorika yang dimiliki, yakni tipe S memiliki lorika lebih kecil dan berbentuk bulat dengan duri yang ramping dan tajam. Sedangkan tipe L memiliki lorika yang lebih besar dan berbentuk agak lonjong dengan duri yang tebal dan tumpul. Rotifera tipe SS (*super small*) lebih kecil dari tipe S dan tipe L. Secara genetik, tipe SS merupakan rotifera yang tidak terpisah dari strain tipe S tetapi memiliki ukuran yang lebih kecil dibanding strain tipe S pada umumnya. *Brachionus* tipe S adalah *Brachionus rotundiformis* sedangkan tipe L adalah *B. plicatilis* (Rimper, Harikedua and Warouw, 2019).

Rotifera memiliki keistimewaan yang lain yakni memiliki dua pola reproduksi, seksual dan aseksual (*parthenogenesis*) (Warouw, 2010). Pola partenogenesis terjadi pada kondisi normal, betina memproduksi telur tanpa melalui perkawinan. Telur yang dihasilkan adalah telur diploid yang kemudian menetas menjadi betina (betina amiktik). Pada kondisi lingkungan yang ekstrim, maka pola reproduksi berubah ke pola seksual. Kondisi ekstrim menginduksi menghasilkan telur haploid (betina miksis). Jika telur haploid dibuahi maka akan membentuk telur dorman (telur istirahat), tetapi jika tidak dibuahi akan menetas menjadi jantan haploid. Berdasarkan pola reproduksi rotifera tersebut, maka dapat ditafsirkan jumlah yang dapat diperoleh dalam kultur massal tidak memerlukan waktu yang lama untuk memperoleh populasi yang tinggi serta memiliki peluang usaha memproduksi telur yang dapat disimpan dalam waktu yang cukup lama.

Hal serupa dilaporkan oleh (Rimper, Harikedua and Warouw, 2019) dan (Fakhri *et al.*, 2017), bahwa pertumbuhan dan perkembangan rotifera sangat cepat. Makanan yang dapat diberikan dalam pemeliharaan rotifera dapat berupa mikroalga *Nannochloropsis oculata*, *Prochloron* sp., *Chlorella vulgaris*, *Chaetoceros* sp., *Tetraselmis*, *Isochrysis galbana*. Alga

Nannochloropsis mengandung klorofil a dan karotenoid, kandungan nutrisi *N. oculata* sangat tinggi yakni protein 57,06%, lemak 215, dan karbohidrat 23,59%, Asam lemak ω 3 HUFA 42,7% (EPA 30,5%, DHA 12,2%).

Untuk memelihara rotifera direkomendasikan dilakukan pada salinitas 20 ppt (tipe S) dan 30 ppt (tipe L) untuk menjamin produktifitas, kualitas konten dan kelangsungan hidupnya. Suhu yang optimum digunakan dalam mengkultur rotifera adalah 28-35°C (tipe S) dan 22-28°C. Dari kedua tipe tersebut, memperlihatkan pola bahwa tipe S toleran pada suhu yang tinggi namun tidak toleran pada salinitas tinggi, sedangkan bagi tipe L justru memperlihatkan pola yang sebaliknya. pH berkisar antara 7,7-8,7. Masa hidup rotifera berkisar antara 6-13,5 hari (Rimper, Harikedua and Warouw, 2019).

3.2 Pengayaan Rotifera

Rotifera merupakan salah satu pakan alami yang dapat diberikan pada larva ikan, dengan alasan memiliki ukuran yang kecil dan memiliki konten yang sesuai dengan kebutuhan larva baik ikan maupun kekerangan (Juario *et al.*, 1985); (Duray, 1998); (Haryati, 2021); (Rehberg-Haas *et al.*, 2015); (Fernández-Pardo *et al.*, 2016).

Rotifera juga dijadikan sebagai biokapsul bagi larva ikan, karena dapat dijadikan media pentransfer unsur-unsur makro maupun mikro termasuk vitamin tanpa menimbulkan efek polutan bagi larva dan lingkungan (Kaligis, 2015); (Salsabila, Suminto and Nugroho, 2019). Pengkayaan rotifera dilakukan untuk menambah kandungan nutrisi rotifera sebelum diberikan ke larva ikan. Penambahan nutrisi pada rotifera diharapkan dapat dimanfaatkan dengan baik oleh larva baik dalam menyokong pertumbuhan maupun mendukung kesehatan larva. Pengkayaan rotifera telah banyak dilakukan.

Pengkayaan rotifera dengan menggunakan vitamin B1, B6, B12 dan vitamin C mampu meningkatkan pertumbuhan-panjang relatif dan kelulushidupan larva ikan bandeng pada umur ke-3 sampai ke-15 hari setelah menetas hingga hari ke-20 setelah menetas, serta meningkatkan efisiensi pakan larva ikan bandeng (Salsabila, Suminto and Nugroho, 2019). Pengkayaan rotifera dengan menggunakan asam lemak juga telah dilakukan, misalnya penelitian yang dilakukan oleh (Campoverde and Estevez, 2017) bahwa pengkayaan pakan alami dengan menggunakan DHA 12-15% (260 - 300 mg/ g lipid) mampu meningkatkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva secara optimal, namun tidak mampu mengurangi perilaku kanibalisme pada larva ikan *Argyrosomus regius* umur 20 hari setelah menetas.

(Lund *et al.*, 2008) melaporkan bahwa penambahan EPA tidak berpengaruh pada perkembangan mata larva ikan *Solea solea* L., namun peningkatan ARA diperkirakan justru terlibat dalam malpigmentasi mata. Penelusuran informasi mengenai efek penambahan asam lemak ke dalam pakan (alami maupun buatan) terhadap perkembangan mata yang dapat mendukung proses pemangsaan pakan hingga akhirnya memberi pengaruh ke pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva, masih diperlukan.

a. Pengkayaan Menggunakan β -Karoten

β -karoten merupakan senyawa kelompok karotenoid yang dapat menjaga kesehatan mata. β -karoten memainkan peran biologi dalam tubuh dan merupakan senyawa provitamin A. Vitamin A tersebut akan diubah menjadi Retinoic Acid (RA) yang nantinya mampu mendukung pertumbuhan dan kesehatan mata (fotoreseptor). Senyawa metabolit vitamin A ada beberapa macam antara lain, all-trans retinoic acid, Ro 13-6298, 13-cis retinoat, 11-cis retinal, 9 cis retinoic acid. Senyawa metabolit vitamin A yang berperan dalam retinal pigment epitellium (RPE) adalah 11-cis retinal yang bertindak membantu kromofor menangkap panjang gelombang cahaya tertentu. Sedangkan

senyawa metabolit vitamin A yang berperan mendukung pertumbuhan adalah all-trans dan 9-cis retinoic acid. Kedua metabolit tersebut diterima oleh Reseptor X Retinoid (RXR) dan Reseptor Retinoid Acid (RAR) yang menghasilkan disosiasi compressor dan rekrutmen protein koaktivator kemudian mempromosikan transkripsi gen target hilir menjadi mRNA dan akhirnya membentuk protein (Cvekl and Wang, 2009). Peran lain dari β -karoten adalah memberikan warna (Terpstra, 2015) termasuk pigmentasi bagi daging ikan dan kulit bagi ikan hias (Minerva Garcia-Chavarria and Lara-Flores, 2013).

β -karoten memiliki kemampuan melindungi dan meningkatkan stabilitas makula retina. Degenarasi makula yang disebabkan oleh pengaruh dari luar dan dalam tubuh individu, dapat dicegah dengan kemampuan β -karoten menangkal radikal bebas penyebab stress oksidatif (Widomska and Subczynski, 2019). Aktivitas yang berat dan termasuk aktivitas metabolisme mampu meningkatkan radikal bebas dalam tubuh, sehingga peran enzim antioksidan menjadi meningkat, serta jumlahnya mengalami penurunan drastis jika kondisi stres oksidatif berlangsung lama. Bukan tidak mungkin, kerusakan sel dan penurunan fungsi organ akan muncul jika stres oksidatif berlangsung secara terus menerus (Yunarsa and Adiatmika, 2018).

Pengkayaan dengan menggunakan β -karoten dengan dosis 60 mg/10 L media pengkaya, memberi hasil yang lebih baik dibandingkan dosis 0, 20 dan 100 mg/10 L dalam hal meningkatkan pertumbuhan dan laju pemangsaan pakan larva ikan bandeng. Pada perkembangan mata larva ikan bandeng juga memperlihatkan hasil yang jauh lebih baik pada perlakuan penambahan β -karoten dibandingkan tanpa penambahan β -karoten. Selain itu, penambahan β -karoten pada pakan alami mampu memberi efek warna

(kekontrasan) yang dapat membantu larva bandeng mendeteksi keberadaan pakan (Ridwan, 2002).

(Amar, 2001) berpendapat bahwa β -karoten dan astaxanthin yang ditambahkan vitamin A akan lebih efektif meningkatkan faktor humoral seperti komplemen serum dan aktivitas lisozim, serta faktor seluler seperti fagositosis dan sitotoksitas non spesifik pada ikan trout pelangi. Namun dalam hal meningkatkan pertumbuhan tidak menunjukkan perbedaan diantara ketiga jenis karotenoid tersebut (β -karoten, astaxanthin, dan canthaxanthin).

Sumber karotenoid dapat diperoleh dari produk perikanan. Secara umum proses pembuatan silase dapat menurunkan kandungan karotenoid namun beberapa bahan justru dapat mengalami peningkatan. Silase dengan bahan baku cumi, limbah cangkang rajungan dan ikan rucah tigawaja memiliki potensi tinggi sebagai sumber senyawa bioaktif karotenoid untuk pakan akuakultur. β -karoten merupakan karotenoid terbanyak ditemukan pada semua jenis produk perikanan dan salah satunya pada ikan rucah tigawaja yang mempunyai kandungan β -karoten yang paling tinggi (57,481 mg/100 g). Kepala udang memiliki kandungan astaxantin tertinggi (22,485 mg/100 g). Kandungan karotenoid astaxantin cumi meningkat menjadi 270% setelah menjadi produk silase dari nilai 3.748 mg/100 g menjadi 33.462 mg/100 g. Kandungan karotenoid zeaxantin pada limbah rajungan mengalami kenaikan pula setelah menjadi produk silase dari 26.335 mg/100 g menjadi 33.462 mg/100 g (Sudaryono and Kusdiyantini, 2005).

Sumber karotenoid dapat pula diperoleh dari produk nabati (Winterhalter and Ebeler, 2013), seperti wortel, tomat, bayam, papaya, labu kuning dan sebagainya. Pengkayaan dengan menggunakan wortel yang dilakukan oleh Effendi *et al.* (2004), melaporkan bahwa penambahan

60g wortel/l media air dapat meningkatkan laju pemangsaan. Wortel mengandung karotenoid yang merupakan prekursor vitamin A. Penambahan labu kuning mampu meningkatkan kecerahan warna pada ikan maskoki (25%), namun dari semua perlakuan dosis (15, 20, dan 25 %) memberi pengaruh yang tidak berbeda terhadap pertumbuhan ikan maskoki (Madiara *et al.*, 2019).

Kandungan vitamin A pada rotifera cenderung kurang jumlahnya jika dibandingkan pada ganggang hijau dan kopepoda. Sehingga sangat diperlukan adanya pengkayaan vitamin A bagi rotifera (Parma *et al.*, 2013). Larva Japanese parrotfish (*Oplegnathus fasciatus*) dan Spotted parrotfish (*Oplegnathus punctatus*) yang diberi rotifera dikayakan β -karoten selama 24 hari pemeliharaan, menghasilkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup yang lebih baik dibandingkan pemberian pakan alami rotifera tanpa β -karoten. Selain itu, proliferasi limposit pun menunjukkan hasil yang lebih baik. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan beta karoten dapat dijadikan tools memproduksi larva yang sehat yang resistif terhadap penyakit menular (Tachibana *et al.*, 1997). Penelitian yang dilakukan oleh (Hekimoğlu *et al.*, 2017), melaporkan bahwa pemberian pakan alami jenis *Nannochloropsis oculata* dan *Porphyridium cruentum* memberi pengaruh yang berbeda. *P. cruentum* mampu meningkatkan pertumbuhan yang lebih baik serta memberi tampilan warna yang lebih cerah pada ikan Clownfish, *Amphiprion frenatus* dibandingkan pakan jenis *Nannochloropsis oculata*.

b. Pengkayaan dengan Menggunakan Taurin

Taurin adalah asam amino netral yang berasal dari metabolisme sulphurcontaining asam amino. Taurin konsentrasi tinggi ditemukan pada jaringan hewan, jantung, retina, otot rangka, otak, usus besar, plasma, sel-sel darah dan leukosit. Peran taurin cukup banyak termasuk

stabilisasi membran, antioksidasi, detoksifikasi, modulasi respons imun, transportasi kalsium, kontraktilitas miokard, pengembangan retina, metabolisme asam empedu, regulasi osmotik dan fungsi endokrin (El-Sayed, 2014). Efek taurin bagi tikus yakni mampu meningkatkan kekebalan (Dong, Zheng and Rui, 2017) dan menetralkan turunan superoksida hasil dari mitokondria (Schaffer and Kim, 2018), serta mengurangi stres (Akanke and Ahmed, 2017).

Penelitian mengenai penambahan taurin ke dalam pakan sudah dilakukan pada beberapa jenis ikan, baik pada ikan air tawar maupun ikan air laut (El-Sayed, 2014); (Hernandez *et al.*, 2018). Diduga bahwa ikan laut kurang mampu mensintesis taurin (El-Sayed, 2014) dan hal serupa terjadi juga pada kucing (Morris, 2002). Hal tersebut disebabkan oleh kegiatan enzim-sistein dioksigenase dan dekarboksilase asam cysteinesulphinic yang rendah pada kucing, sehingga membatasi sintesis taurin. Sistein sebagian besar dimetabolisme menjadi piruvat, yang menyediakan substrat energi sedangkan taurin tidak dapat teroksidasi oleh kucing. Pada kucing ditemukan bahwa dalam hatinya memiliki konsentrasi taurin yang sangat rendah, hal ini disebabkan karena kemampuannya rendah mensintesis taurin dari prekursor metabolisme taurin (metionin dan sistein) (Morris, 2002). Kemampuan ikan laut sangat kurang dalam hal mensintesis taurin dibandingkan ikan air tawar. Hal ini disebabkan oleh aktivitas CSD (*cysteinesulphinic dekarboksilase*) sangat kurang, sehingga membatasi kemampuan sintesis taurin, apalagi jika diberi diet nabati yang minim kandungan metionin dan sistin, terutama selama masa awal kehidupan (El-Sayed, 2014).

Efek taurin akan berbeda pada spesies dan ukuran yang berbeda, kandungan nutrisi pakan yang diberikan serta kemampuannya mensintesis taurin dengan bantuan CSD (*cysteinesulphinic dekarboksilase*) (El-Sayed, 2014). Kinerja taurin bagi mata melalui regulasi kalsium dalam

retinal pigmen epitelium (RPE). Glutamat yang dirilis pada kondisi gelap dapat menginduksi peningkatan kadar kalsium (Ca^{2+}) bebas dalam RPE. Konsentrasi kalsium bebas yang tinggi mampu menghambat kinerja rhodopsin kinase sehingga kemampuan individu melihat dalam kondisi cahaya rendah sangat terbatas, menghambat kinerja CGMP yang merupakan saluran ion Na^+ . Jika CGMP terhambat, maka masuknya Na^+ ke dalam RPE menjadi terganggu, padahal Na^+ merupakan unsur yang dapat mengikat kalsium bebas sehingga konsentrasinya dapat menurun. Selain itu juga, kalsium bebas juga menghambat kinerja *guanylate cyclase* yang merupakan fototransduksi yang dapat mengubah cahaya menjadi sinyal listrik ke otak (Lombardini, 1983); (Lombardini, 1991); (Militante and Lombardini, 2002).

Taurin sebenarnya belum dianggap sebagai nutrisi penting untuk ikan. Namun, penelitian terbaru menunjukkan bahwa sintesis taurin memiliki perbedaan antar spesies ikan, sehingga menjadi dasar bagi kita bahwa taurin memiliki peran penting dalam keberhasilan budidaya dan dalam manajemen pakan (McBean *et al.*, 2015). Defisiensi taurin ditemukan pada protein nabati dan sebaliknya memiliki kandungan taurin yang cukup tinggi pada protein hewani. Selain jenis individu dan sumber protein pakan menjadi faktor pembatas kandungan taurin dalam tubuh individu, juga dipengaruhi oleh prekursor metabolisme sebelumnya yakni sistein dan metionin (El-Sayed, 2014).

Keterbatasan organisme mensintesis taurin dari metionin dan sistein, mengharuskan kita menyediakannya dalam pakan, salah satu solusinya adalah pengkayaan. Selain itu, pada rotifera juga mengalami defisiensi asam amino bebas sehingga memerlukan pula adanya pengkayaan asam amino bebas (Parma *et al.*, 2013). Pengkayaan asam amino bebas seperti taurin sudah

dilakukan oleh beberapa penelitian. (Dedi Jusadi *et al.*, 2012), melaporkan bahwa penambahan taurin dengan dosis yang berbeda (0, 25, 50, 100 mg/L) menyebabkan peningkatan kandungan taurin dalam rotifera meningkat. Dosis yang terbaik adalah 50 mg/L untuk meningkatkan kelangsungan hidup (53,5%) dan mempercepat perkembangan stadia larva udang putih (*Litopenaeus vannamei*).

Penambahan 0,5 g taurin/ 10 L media pengkaya pada rotifera sebelum diberi ke larva bebek *Cromileptes altivelis*, mampu meningkatkan kelangsungan hidup (58,4%), nisbah RNA/DNA (0,2), serta panjang total (5,86 mm) tertinggi. Selain itu, terlihat pula, lebih banyak larva yang mengkonsumsi rotifera yang diperkaya taurin dibandingkan tidak diperkaya taurin (Dedi Jusadi *et al.*, 2012).

Penambahan taurin mampu meningkatkan efisiensi penggunaan protein nabati sampai 40% pada pemeliharaan juvenil *Lutjanus Colorado*, memberi hasil yang baik bagi pertumbuhan dan efisiensi pakan (Hernandez *et al.*, 2018). Beberapa dosis penggunaan taurin pada beberapa ikan yang dilaporkan oleh beberapa peneliti dalam tulisan El-Sayed (2014) dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1. Dosis penggunaan taurin bagi beberapa jenis ikan

Spesies	Kondisi	Referensi
<i>Dentex dentex</i>	- Larva 0,5-1% dan Juvenil 0,2% - Pertumbuhan optimal, efisiensi pakan, meningkatkan kandungan taurin tubuh, memperbaiki kondisi fisiologis	Chatzifotis <i>et al.</i> , 2008
<i>Yellowtail</i>	Kemampuan mensintesis taurin sangat rendah ketika diberi diet protein nabati (protein kedelai)	Takagi <i>et al.</i> , 2005

Spesies	Kondisi	Referensi
<i>Yellowtail</i>	Juvenil awal (0,5g) yang diberi FM diperlukan penambahann 1% taurin untuk kinerja pertumbuhan optimal, sedangkan juvenil yang lebih besar (470g) yang diberi protein nabati diperlukan taurin lebih tinggi yakni 4,5% untuk mencapai pertumbuhan yang baik	Takagi <i>et al.</i> , 2006a, 2008
<i>Yellowtail</i>	Juvenil yang diberi SBM (58%) dengan penambahan 3% suplemen taurin menjadi lebih baik dibanding tanpa taurin; pertumbuhan rendah, efisiensi pakan rendah, kematian tinggi, anemia, membuat hati berwarna hijau	Nguyen <i>et al.</i> , 2011
<i>Juvenil Cobia, Rachycentron canadum</i>	Diet protein nabati dapat ditingkatkan sampai 50-75% jika dilakukan penambahan ragi (fermentasi) atau dengan penambahan taurin atau dengan kombinasi untuk mendapatkan pertumbuhan yang lebih baik	Lunger <i>et al.</i> , 2007
<i>Cobia, Rachycentron canadum</i>	Rotifera dan Artemia yang diperkaya 4 g taurin/l/hari mendukung morfologi larva, pengembangan (ontogeni dari sistem gurat sisi, organ penciuman dan insang), pertumbuhan dan kelangsungan hidup, meningkatkan kandungan taurin tubuh, meningkatkan kelangsungan hidup, meningkatkan aktivitas amilase dan tripsin, lipase dan pepsin selama tahap awal larva.	Salze <i>et al.</i> , 2011
<i>Larva Red seabream (P. major)</i>	Dengan pakan mikropartikel yang dilengkapi taurin mampu	Takeuchi <i>et al.</i> , 2001

Spesies	Kondisi	Referensi
	meningkatkan kinerja pertumbuhan dan kelangsungan hidup	
<i>Larva Solea senegalensis</i>	Diet mikrokapsul dilengkapi dengan taurin, tidak mempengaruhi pertumbuhan dan kesuksesan metamorfosisnya pada fase pelagis, justru baik pada mikrokapsul kontrol (tanpa penambahan taurin)	Pinto <i>et al.</i> , 2010
<i>Sparus auratus</i>	Suplementasi taurin (rotifera) tidak meningkatkan kinerja pertumbuhan larva dan kelangsungan hidup	Pinto <i>et al.</i> , 2013

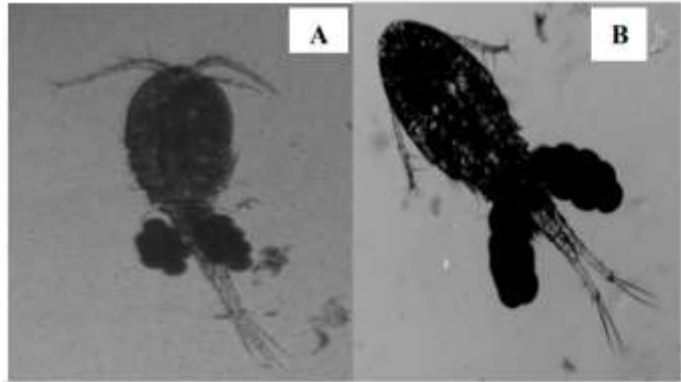
3.2 Jenis Pakan Alami Lain yang Dapat digunakan Sebagai Pakan Larva Ikan

Larva ikan, biasanya diberi pakan alami segera setelah mulutnya terbuka sampai larva dapat menyesuaikan diri dengan pakan buatan. Hal tersebut dilakukan karena makanan alami mengandung enzim yang dapat membantu larva menyederhanakan makanannya, yang mana larva memiliki sistem pencernaan dalam masa perkembangan. Beberapa jenis pakan alami yang dapat digunakan sebagai pakan bagi larva ikan selain rotifera adalah sebagai berikut:

a. Kopepoda

Terutama karena kandungan proteinnya yang tinggi dan juga memiliki pergerakan yang zigzag, kopepoda adalah salah satu jenis pakan alami yang sangat baik untuk larva ikan (Darsiani, Karim and Trijuno, 2017). Protein yang terkandung pada kopepoda antara 2,27-3,16% (berat basah) (Darsiani, Karim and Trijuno, 2017), dan antara 44 dan 52 persen (berat kering) (Milione and Zeng, 2007). Selain itu, kopepoda mengandung DHA yang tinggi, yang mencakup 17-32% berat kering, yang dapat membantu

perkembangan mata dan meningkatkan kelulushidupan larva ikan yang mengonsumsinya (Chen, Liu and Chen, 2012). Namun, pemanfaatan kopepoda di Indonesia masih sangat rendah, disebabkan oleh kurangnya informasi tentang keunggulannya. Morfologi kopepoda dapat dilihat pada Gambar 3.1.



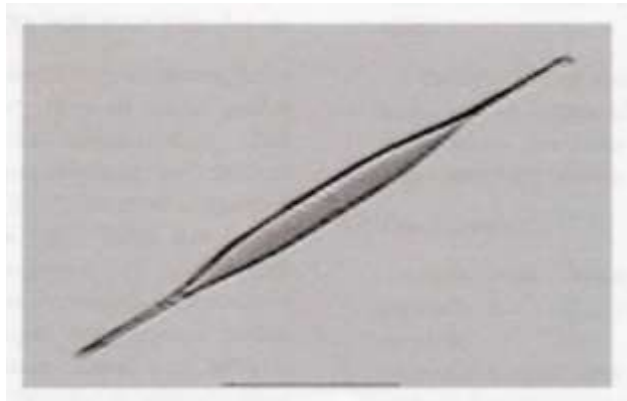
Gambar 3. 1. A. Kopepoda Siklopoid (Perbesaran 40x) (A. kopepoda yang diperoleh dari perairan Galesong; Darsiani, 2015), B. Oithona sp. (B. Aliah dkk., 2010) (Darsiani, Karim and Trijuno, 2017)

Kopepoda berfungsi sebagai konsumen utama dan penghubung antara fitoplankton dan tingkat trofik yang lebih tinggi. Kopepoda sangat penting untuk kehidupan akuatik. Sekitar 70 hingga 90% populasi zooplankton lautan terdiri dari kopepoda, yang merupakan sumber makanan utama bagi semua jenis ikan pelagis. Banyaknya kopepoda di suatu perairan menunjukkan bahwa lokasi tersebut ideal untuk berbagai organisme akuatik tinggal dan memijah. Kelimpahan dan penyebarannya dipengaruhi oleh unsur-unsur fisika, kimia, dan biologi yang ada di perairan, seperti suhu, salinitas, dan ketersediaan pakan. Akibatnya, kelimpahannya sangat bervariasi menurut musim dan lokasi, dan dapat dikaitkan dengan kesuburan perairan

(Mulyadi;, Hernawati and Nurhaman, 2021), dan kopepoda dapat dijadikan sebagai indikator perubahan ekosistem (Setiawan, Idiawati and Helena, 2022).

b. *Nitzschia*

Nitzschia merupakan fitoplankton bentik yang sudah dapat di kultur dalam wadah terkontrol. *Nitzschia* dapat dijadikan sebagai sumber makanan dan energi bagi organisme akuatik. Selain sebagai pakan alami bagi organisme laut, juga potensial sebagai bahan dasar pembuatan biodiesel karena memiliki kadar lipid yang cukup tinggi dan kemampuan bertumbuh sangat cepat (Puspitasari, 2017). Morfologi *nitzschia* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 3. 2. *Nitzschia* (Sumber: Puspitasari, 2017)

c. *Daphnia*

Daphnia sp. adalah krustasea berukuran kecil yang hidup di perairan tawar. Biasanya disebut kutu air. Salah satu jenis pakan alami yang dapat digunakan untuk membenih ikan air tawar adalah hewan ini. *Daphnia* sp. dapat digunakan sebagai pakan alami karena mudah dicerna, ukurannya sesuai dengan bukaan mulut larva,

memiliki banyak nutrisi dan asam amino esensial, dan dapat dibudidayakan secara massal tanpa mengurangi kualitas air (Pangkey, 2009).

Dalam proses budidaya, peran pakan dan kualitas media (lingkungan) budidaya sangat penting untuk pertumbuhan *Daphnia* sp. Makanan biasanya terdiri dari bahan anorganik, organik (seperti kotoran ternak), fitoplankton (seperti *Chlorella* sp.) atau bakteri. Menurut (Darmawan, 2014), pertumbuhan *Daphnia* sp. memerlukan nutrisi yang baik. Nutrisi ini berasal dari bahan organik tersuspensi dan bakteri yang diperoleh dari pupuk yang ditambahkan ke dalam media kultur. Menurut Suminto dan Herawati (2014), ketersediaan *Daphnia* sp. sebagai salah satu produktivitas sekunder dapat membantu larva kultivan budidaya mendapatkan pakan alami. Dalam kasus ini, bahan organik sangat membantu pertumbuhannya (Sari, Hidayati and Mujtahidah, 2022).

Daphnia sp. adalah krustacea berukuran kecil yang hidup di perairan tawar. Mereka sering disebut "kutu air" karena cara mereka bergerak di dalam air. Ada banyak spesies Daphniidae, dan mereka tersebar di banyak tempat. *Daphnia* sp. dan *Moina* adalah spesies hewan yang paling terkenal karena sering memakan larva ikan (Pangkey, 2009). *Daphnia* sp. dibudidayakan untuk memenuhi kebutuhan pakan alami ikan air tawar. Konsumen utama pakan alami adalah larva ikan. *Daphnia* sp. dipilih karena ukurannya sesuai dengan bukaan mulut larva ikan dan mudah dicerna. Hal ini disebabkan oleh sebagian besar tubuh pakan alami tersebut terdiri dari air. *Daphnia* sp. mengandung enzim seperti selulase, amilase, lipase, protein, dan peptide yang sangat penting bagi ikan selama stadia larva (Alfian, Herliwati and Olga, 2022).

Pengembangan kutu air sangat tergantung pada pakan dan media (lingkungan) budidaya. (Pangkey, 2009) menyatakan bahwa keberadaan unsur hara dalam media kultur dapat memengaruhi kelangsungan hidup *Daphnia* sp. Nutrien yang terkandung dalam media kultur dapat membantu pertumbuhan *Daphnia* sp. hingga fase dewasa. Pertumbuhan *Daphnia* sp. membutuhkan nutrien dari bahan organik tersuspensi dan bakteri dari pupuk yang ditambahkan ke media kultur. Nutrien yang diberikan biasanya terdiri dari bahan anorganik, organik (kotoran ternak), fitoplankton (*Chlorella* sp.), dan dapat pula menambahkan bakteri.

Pada saat ini, kutu air tidak banyak dibudidayakan padahal sangat besar pemanfaatannya sebagai pakan alami untuk larva ikan dan udang. Selain itu, pertumbuhan kutu air mudah, dengan campuran bahan dari alam dan bahan fermentasi. Untuk tetap hidup, populasi *Daphnia* sp. membutuhkan nutrien yang tinggi. Kombinasi kol, EM4, dan kulit pisang adalah media budidaya kutu air yang kaya protein. Kol putih, juga dikenal sebagai kubis (*Brassica oleracea* var. capitata L.), adalah salah satu jenis sayuran yang paling umum digunakan untuk mengkultur kutu air. Bahan-bahan tersebut tidak mahal, tetapi memiliki banyak nutrisi, seperti vitamin (Hia, Siswoyo and Syafitri, 2022). Morfologi *Daphnia* sp. dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 3. 3. *Daphnia* sp.

(Sumber:<https://scienceresourcebox.co.nz/products/daphnia-live-culture-8-pack>)

d. *Spirulina*

Untuk membuat warna ikan komet lebih cerah, pembudidaya saat ini sering menambahkan zat pewarna sintetik, seperti lycantin dan astaksantin sintetik, ke dalam pakan ikan. Untuk mengatasi hal ini, perlu dicari alternatif yang mengandung suplemen tambahan yang berasal dari bahan-bahan alami. Mikroalga adalah salah satu contohnya. Selain dikenal sebagai pakan alami untuk pembenihan larva ikan dan udang, *Spirulina* sp. adalah jenis alga hijau biru berfilamen yang memiliki peluang untuk berkembang lebih luas di Indonesia untuk dijadikan pakan ikan (Rizky *et al.*, 2023).

Spirulina sp., memiliki kandungan protein sekitar 30-40%, lemak 7-11%, serat kasar 1-6%, kadar abu 19-34%, BETN 21-26% (Budiardi *et al.*, 2010). Sedangkan menurut (Widyaningsih *et al.*, 2008), bahwa kadar protein *Spirulina* sp. sebesar 50%, karbohidrat 15%, kadar abu 14%, kadar lemak 0,5%. Perbedaan kadar nutrisi pada pakan alami disebabkan oleh kandungan nutrisi media kultur yang diberikan sehingga dapat mempengaruhi kualitas dan densitas sel *Spirulina* sp.

Spirulina sp merupakan salah satu sumber nutrisi yang mengandung karotenoid jenis astaksantin, sehingga mikroalga *Spirulina* sp. dapat digunakan sebagai bahan alami untuk meningkatkan kualitas kecerahan ikan terutama terhadap fenotipe warnanya (Rosid, Anggraini Yusanti and Mutiara, 2019). Berdasarkan informasi tersebut maka beberapa penelitian menguji cobakan penggunaan *Spirulina* sp. Pada pakan ikan hias untuk memperoleh kualitas warna ikan hias yang lebih baik.

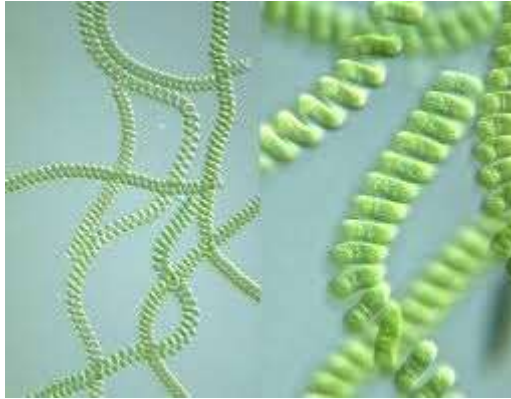
Mikroalga autotrof *Spirulina* sp., juga dikenal sebagai alga hijau kebiruan, tersebar luas di alam dan dapat ditemukan di berbagai jenis lingkungan, termasuk perairan tawar, payau, dan tawar (Rizky *et al.*, 2023). Pupuk walne biasanya digunakan sebagai nutrisi sel *Spirulina* pada skala Laboratorium untuk kultur *Spirulina*. Namun, pupuk walne ini mengandung bahan kimia yang tidak ramah lingkungan. Kandungan nitrogen dalam kultur *Spirulina* sangat penting untuk proses fotosintesis dan sintesis pigmen untuk menghasilkan senyawa hayati penting dalam sel *Spirulina* (Widyaningsih *et al.*, 2008)).

Dalam penangkapan cahaya, spirulina memiliki tiga jenis pigmen: klorofil, fikobiliprotein, dan karoten. Bentuk klorofil tertentu adalah klorofil-a, yang berfungsi sebagai pusat fotosintesis dalam pembuatan bahan aktif dan senyawa fungsional *Spirulina* (Widawati, Santosa and Yudiati, 2022). Klorofil-a juga sebagai indikator kandungan nutrisi pada media tumbuh kultur, karena jenis fitoplankton membutuhkan nutrisi baik makro seperti N dan P maupun mikro berupa Fe sebagai elemen penyusun selnya (Nufus, Karina and Agustina, 2017). Salinitas merupakan komponen penting dalam pembentukan pigmen, produksi biomassa, dan pertumbuhan sel; ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan (Adenan, Yusoff and Shariff, 2013).

Tidak semua organisme memiliki toleransi salinitas yang sama dengan *Spirulina*, mikroalga ini memiliki toleransi yang cukup luas terhadap salinitas, sehingga modifikasi salinitas dapat digunakan dalam strategi untuk meningkatkan biomassa dan konsentrasi pigmen di dalam selnya. Selain itu, salinitas juga digunakan untuk mengatasi kontaminan. Hasil penelitian (Anggraeni, Utami and Mahardika, 2022), menunjukkan bahwa konsentrasi salinitas dapat memainkan ritme kepadatan populasi *Spirulina* dan kandungan nutriennya.

Siklus hidup *Spirulina platensis* terdiri dari tiga tahap utama: pembelahan trikoma, pemanjangan hormogonia, dan proses pematangan trikoma yang memanjang. Setelah trikoma yang telah dewasa terbagi menjadi filamen, dan sel hormogininya akan memperbanyak melalui pembelahan biner dan tumbuh memanjang untuk membentuk helix (spiral). Kurva sigmoid dengan empat fase: lag, eksponensial, stasioner, dan kematian membentuk pola pertumbuhan mikrolaga secara umum. Pada *Spirulina platensis*, ada tiga jenis pigmen penangkapan cahaya: karoten, fikobiliprotein, dan klorofil. Klorofil adalah pigmen utama yang berfungsi sebagai pusat fotosintesis dan menyerap cahaya merah, biru, dan ungu. Bentuk klorofil tertentu yang digunakan dalam proses fotosintesis adalah klorofil a. Cyanophyceae memiliki fikobiliprotein sebagai pigmen tambahan untuk fotosintesis. Fikobiliprotein terbagi menjadi tiga kategori utama: allofikosianin, fikosianin, dan fikoeritrin. Salinitas sangat penting karena berpengaruh terhadap produktivitas dan daya adaptasi mikroalga pada lingkungannya. Salinitas juga merupakan faktor penting dalam pembentukan pigmen, produksi biomassa, dan pertumbuhan sel. Faktor lingkungan yang lain juga menentukan kandungan pigmen dalam sel (Adenan, Yusoff and Shariff, 2013).

Faktor-faktor dari luar, seperti salinitas, cahaya, dan suhu, dapat memengaruhi kandungan klorofil. Perubahan salinitas pada sel mikroalga menyebabkan perubahan osmotik (Widawati, Santosa and Yudiati, 2022). Morfologi spirulina sp. dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 3. 4. *Spirulina* sp.

(Sumber:<https://superfishfood.blogspot.com/2013/03/pakan-alami-spirulina.html>)

e. Infusoria

Infusoria adalah salah satu pakan alami yang dapat dibudidayakan dengan mudah. Termasuk dalam kelompok protozoa, namun infusoria masih dapat dilihat dengan mata manusia, merupakan salah satu makanan alami yang digunakan untuk menunjang pertumbuhan ikan. Infusoria memiliki warna transparan dan dapat dibedakan dengan air media karena aktif bergerak. Infusoria tidak beracun, memiliki sel padat dan dinding sel tipis, memiliki kandungan protein tinggi sekitar 36,82 persen, dan dapat berkembang biak dengan cepat (Wardana, Syafitri and Manullang, 2022).

Sangat penting infusoria untuk pakan awal bagi ikan karena tubuhnya yang kecil (berukuran sekitar 40-100 μ m), lembut, dan penuh nutrisi sehingga sangat ideal sebagai

pakan awal untuk perkembangan larva. Sebagian besar infusoria hidup di air tawar, terutama di tempat yang mengalami pembusukan. Infusoria memakan bakteri dan protozoa lainnya yang lebih kecil, seperti ragi, detritus yang halus, dan ganggang renik. Infusoria berkembang biak melalui pembelahan diri dan konjugasi. Infusoria banyak ditemukan di perairan yang teduh dan ditumbuhi tumbuhan air, seperti di rawa-rawa, karena tidak menyukai sinar matahari. Sehingga, mencari infusoria pada siang hari agak sulit dilakukan. Media organik yang mengandung nutrisi membantu pertumbuhan dan perkembangan infusoria. Salah satu bahan organik yang dapat digunakan untuk tumbuh adalah bayam, yang mengandung vitamin A, vitamin B, vitamin C, zat besi, kalsium, dan fosfor (Muhammad, Afriani and Hasan, 2022).

Selain itu, daun pisang dapat digunakan sebagai substrat untuk kultur infusoria. Kandungan protein kasar pada daun pisang sekitar $19,4 \pm 0,3\%$, lemak kasar $1,8 \pm 0,6\%$, dan serat kasar $11,01\%$. Hidrolisa selulosa secara enzimatis dengan bantuan mikroorganisme dapat meningkatkan kandungan nutrisi dan serat kasar daun pisang. Penambahan mikroorganisme dapat dilakukan dengan cara menambahkan agen mikroorganisme berupa probiotik.

Probiotik dipercaya dapat membantu meningkatkan kepadatan infusoria. Probiotik yang mengandung mikroba bermanfaat membantu memperoleh makanan dan mencegah kontaminasi pada kultur infusoria. Penggunaan probiotik pada saat kultur infusoria dapat pula membantu proses penguraian substrat, menjadikannya lebih mudah bagi infusoria untuk memanfaatkannya sebagai sumber energi (Insanni, Sucahyo and Cahyaningrum, 2022).

f. Artemia

Untuk akuakultur, terutama untuk pembenihan, artemia adalah salah satu pakan alami yang sangat penting. Artemia biasanya dijual secara komersial dalam bentuk kista kering yang dapat disimpan selama bertahun-tahun. Sebelum diberikan sebagai pakan hidup, artemia harus ditetaskan dan diberi pakan berkualitas tinggi. Artemia adalah hewan penyaring non selektif. Ukuran pakan artemia berkisar antara 6,8-27,5 μm , dengan 16,0 μm yang ideal. Selain bernutrisi tinggi, artemia dapat digunakan sebagai media hidup untuk enkapsulasi, atau bioenkapsulasi. Zat-zat yang membantu pertumbuhan ikan dan krustasea, seperti suplemen, obat-obatan, dan nutrisi dan bioaktif penting.

Bioenkapsulasi adalah proses pengkayaan nutrisi dengan menggunakan bahan tambahan untuk meningkatkan kualitas artemia sebelum diberikan sebagai pakan hidup bagi ikan. Salah satu manfaatnya adalah sebagai stimulan sistem kekebalan untuk meningkatkan pertahanan tubuh terhadap serangan patogen. Ini berlaku untuk nauplii artemia dan ikan serta krustasea yang memakannya. Immunostimulan adalah kumpulan bahan kimia yang memiliki kemampuan untuk meningkatkan mekanisme pertahanan seluler dan humoral bawaan. Beberapa imunostimulan juga merangsang lisozim dan respons antibodi ikan, selain membantu fungsi sel fagositik dan meningkatkan aktivitas bakterisida. Immunostimulan telah diteliti sebagai bahan yang sangat membantu dalam pengendalian penyakit di dunia akuakultur (Sedjati *et al.*, 2022).

Selama tujuh hari, pemberian artemia yang diperkaya vitamin C dengan dosis 100 ppm sebagai pakan alami, dapat meningkatkan kelangsungan hidup dan pertumbuhan larva ikan patin. Ini menunjukkan bahwa nilai nutrisi penting

untuk *Artemia* sp. karena dapat mempengaruhi laju pertumbuhan dan kelangsungan hidup kultivan (Setiawati, Putri and Jusadi, 2015).

Artemia sp dapat memanfaatkan pakan alami seperti *Tetraselmis* sp., *Chaetoceros* sp., *Skeletonema* sp., sebagai pakannya, agar nutrisi yang terkandung dalam tubuh *Artemia* sp. bertambah. *Artemia* sp. memiliki kandungan protein sebesar 60 % dengan kandungan asam amino esensial lengkap dalam jumlah yang tinggi. *Artemia* sp. stadia nauplius memiliki kandungan asam amino prolin, isoleusin, lisin, dan asam glutamat yang tinggi. Begitu juga pada *Artemia* sp. stadia dewasa yang memiliki kandungan asam amino prolin, isoleusin dan asam glutamat yang tinggi. Selain itu, *Artemia* sp. mengandung banyak asam lemak esensial omega-3 dan omega-6 yang sangat diperlukan untuk pertumbuhan (Alfian, Herliwati and Olga, 2022).

Pada larva ikan koi akan diberikan pakan alami bagus berupa *Artemia* karena ukuran *Artemia* yang sesuai dengan bukaan mulut larva ikan koi, memiliki kandungan protein cukup tinggi yaitu 55% sangat bagus untuk pertumbuhan ikan koi, dan sifat *Artemia* sendiri bergerak akan merangsang larva ikan koi untuk memangsanya. Selain itu, *Artemia* sendiri tidak mencemari dan mengotori air jadi kualitas air tetap terjaga jadi tingkat kehidupan lebih tinggi. Selain pakan alami *Artemia* ada juga pakan dari kuning telur bebek, alasan diberi kuning telur bebek karena struktur kuning telur bebek memiliki kesamaan dengan kuning telur makanan cadangan ikan saat baru menetas (Laili, Istiyadi and Yulinda, 2022).

Di Indonesia, *artemia* salina banyak digunakan pembudidaya untuk larva atau benih ikan dan udang, contohnya pada ikan mas koi (*Cyprinus rubrofasciatus*) yang laju pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya relatif lebih cepat jika menggunakan pakan *artemia* (Sartika, 2021).

Artemia adalah pilihan yang terbaik untuk memberi makan larva dan benih ikan karena sistem pencernaannya sederhana dan gerakan lambat sehingga larva dan benih ikan membutuhkan sejumlah mikroorganisme kecil untuk makan. Selain itu, larva dan benih ikan membutuhkan nilai gizi untuk tumbuh (Tombinawa F, 2016). Nutrisi artemia salina mengandung vitamin C $587,28 \pm 15,33a$, lemak (%) $21,14 \pm 2,93a$, protein (%) $43,55 \pm 1,84a$. Artemia salina diperoleh dari proses menggunakan wadah penetasan dengan kandungan air yang bersalinitas tinggi. Hiola (2014) mengemukakan bahwa salinitas yang baik untuk penetasan artemia adalah 30 ppt. Kandungan air penetasan berasal dari air laut dan air laut buatan yang di berikan penambahan garam. Pembuatan air bersalinitas oleh pembudidaya biasanya memberikan penambahan garam, garam yang digunakan adalah garam yodium dan garam tidak beryodium dari berbagai macam merek pabrikan (Tombinawa, 2016). Nardin et al. (2019) mengemukakan bahwa garam beryodium adalah garam dapur dengan komponen utama natrium klorida maksimum 94,7%, air maksimal 5% bersama dengan kalium iodat (KIO₃) pada konsentrasi 30-80 ppm. Garam tidak beryodium termasuk kedalam garam industri yang digunakan sebagai bahan baku bagi industri dengan kandungan kadar NaCl minimal 97% (Yusron, 2020). Proses kultur artemia salina harus dilakukan dengan efisien agar tidak mengalami kerugian karena tidak sedikit juga pelaku usaha budidaya mengalami kegagalan pada saat penguturan artemia salina, hanya mencapai penetasan 50% dan tidak memperhatikan hasil penetasan artemia tersebut. Maka dari itu untuk mengetahui efektivitas garam iodium dan non iodium dalam pengulturan dan tingkat keberhasilannya diperlukan penelitian untuk mendapatkan konsentrasi garam dan salinitas yang tepat terhadap daya tetas artemia salina (Harefa, Afriani and Manullang, 2022).

- g. Pakan alami adalah pakan yang diambil dari organisme hidup dalam bentuk dan kondisinya seperti sifat-sifat keadaan di alam. Organisme pakan alami yaitu organisme hidup yang dipelihara dan dimanfaatkan sebagai pakan didalam proses budidaya perairan (Sartika, dkk., 2021). Jenis pakan alami yang mempunyai protein tinggi dan mudah di budidayakan sebagai pakan alami untuk benih adalah Cacing Tanah (*Lumbricus rubellus*) mengandung kadar protein sangat tinggi sekitar 76%, protein asam amino berkadar tinggi 17%, karbohidrat 45%, lemak dan abu 1,5%. Kadar ini lebih tinggi dibandingkan mamalia 56% dan ikan 50% (Anonim, 2014). *Maggot* BSF (*Hermetia illucens*) memiliki kandungan protein 32,31%, lemak 9,45%, abu 4,86%, karbohidrat 46,14%. Jentik nyamuk (*Aedes aegypti*) mempunyai kandungan protein 15,58 %, lemak, serat 3,46 %, dan Abu 1,4 %, Tiana (2010) dalam Agus dkk., (2010) dan *Daphnia* sp. memiliki kandungan gizi antara lain protein 4 %, lemak 0,54 %, karbohidrat 0,67 % dan abu 0,15 % (Maulidiyanti dkk., 2015). Dari uraian diatas penulis tertarik melakukan penelitian tentang pakan alami untuk mengetahui pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan mas koi (*Cyprinus rubrofasciatus*) (Pratama, Hasan and Manullang, 2022).

BAB IV

PERKEMBANGAN SALURAN PENCERNAAN DAN ORGAN MATA LARVA

4.1 Perkembangan Saluran Cerna dan Aktivitas Enzim Pencernaan pada Ikan *S. guttatus*

(Quinitio and Castor-Sa-an, 2008) melaporkan bahwa saluran pencernaan *S. guttatus* pada awalnya sama dengan spesies lainnya, yakni hanya menyerupai tabung lurus yang sederhana. Selanjutnya perkembangannya akan berlanjut mulai dari masa transisi endogenus ke pakan eksogenus. Pada umur 2 hari, larva siap menerima pakan dari luar dan diferensiasi terjadi yakni mulut yang sudah terbuka, faring, esophagus, lambung dan usus dalam masa perkembangan. Pada umur 2 hari juga sudah menunjukkan bahwa organ hati, kandung empedu dan pankreas sudah berfungsi. Pada hari ke-4, tetesan lipid dan vakuola teramati di usus. Pada hari ke-8, keberadaan limpa, sel-sel mucus dan gigi faring berdiferensiasi dan diduga bersamaan dengan diferensiasi jantung dan pilorik. Metamorfosis awal teramati pada hari ke-20, ditandai dengan hadirnya kelenjar lambung dan pilorik kaeka. Berdasarkan hasil ini, maka peneliti menyarankan bahwa pemberian pakan buatan dapat dimulai pada hari ke-20 setelah menetas, dengan mempertimbangkan kehadiran kelenjar lambung dan terbentuknya pilorik kaeka pada umur tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh (Kamaruddin and Lante, 2015), juga menyatakan hal serupa bahwa pemberian pakan buatan pada ikan baronang *S. guttatus* dapat mulai dilakukan pada umur 20 hari setelah menetas. Hal ini dinyatakan dengan pertimbangan aktivitas enzim yang terdeteksi pada umur tersebut yang memungkinkan dilakukan pemberian pakan buatan. Aktivitas enzim protease mengalami puncak pada hari ke-

25, enzim amilase pada hari ke-15 dan aktivitas enzim lipase mencapai puncak pada hari ke-25.

4.2 Perkembangan Saluran Cerna dan Aktivitas Enzim Pencernaan pada Jenis Lain

Larva ikan merupakan organisme yang unik, karena memiliki saluran cerna yang sangat sederhana. Namun menunjukkan perilaku yang luar biasa dalam hal deteksi pakan, menangkap dan mencernanya. Pengetahuan tentang histologi diferensiasi saluran cerna dan morfologi sistem pencernaan serta studi fungsional, termasuk penyerapan nutrisi dan regulasi neuronal dan hormonalnya, sangat penting untuk memahami fisiologi pencernaan dan nutrisi larva ikan. Mekanisme dasar sensorial dan perkembangan organ pencernaan umumnya sama bagi semua teleost, tetapi waktu perkembangan ontogeni dapat berbeda satu sama lain. Waktu perkembangan organ dan fungsi fisiologi yang terkait dipengaruhi oleh pola riwayat kehidupan masing-masing spesies, dipengaruhi faktor abiotik dan biotik (suhu, ketersediaan pakan, komposisi pakan di awal kehidupan). Faktor tersebut akan mempengaruhi kinerja nutrisi dan fisiologis larva di tahap kehidupan selanjutnya. Enzim dibutuhkan untuk mencerna nutrisi, bahkan pada fase awal larva sekalipun. Jenis dan aktivitas enzim berbeda pada masing-masing spesies (Gisbert *et al.*, 2014).

Enzim adalah katalisator organik yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan. Enzim merupakan protein yang dihasilkan dihasilkan oleh sel hidup yang memiliki kemampuan meningkatkan percepatan reaksi kimia. Aktivitas enzim erat kaitannya dengan pertambahan umur dan perkembangan saluran cerna, waktu aktivasi enzim berbeda pada masing-masing spesies (Gisbert *et al.*, 2014).

Perkembangan larva Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) yang dilaporkan oleh (Yúfera *et al.*, 2014), bahwa mulut mulai terbuka pada hari ke-2 setelah menetas, dapat dijadikan indikasi siapnya larva diberi pakan awal. Selain mulut,

bokopharing, tonjolan gigi berada pada bukopharing, kerongkongan dan usus juga sudah terlihat. Pada usus, sudah dapat dipisahkan antara anterior dan posterior usus. Mukosa usus sudah terdeteksi pada umur 2 hari dan semakin jelas pada umur 3-4 hari setelah menetas. Cikal bakal lambung masa depan sudah terlihat pada umur 4-6 hari. Aktivitas kelenjar lambung terlihat pada umur 11 hari dan terjadi penebalan dinding lambung.

Larva ikan *Thunnus thynnus* umur 17 hari setelah menetas, proliferasi kelenjar lambung terdeteksi, pertambahan jumlah gigi faring dan sel-sel mukosa usus semakin meningkat. Selain itu, saat diferensiasi ini juga terdeteksi pylorus caeca pada dinding usus anterior. Sedangkan hati, pankreas dan empedu terbentuk pada hari ke-1 DPH. Hati dan pankreas terlihat seperti kabel terletak diantara saluran pencernaan dan dinding kuning telur. Pada umur 2-3 hari hepatosit pada hati terlihat yang mengandung butiran glikogen. Peningkatan ukuran hepatosit terjadi pada umur 6 hari (Yúfera *et al.*, 2014).

Pada spesies golongan catfish yakni *Pseudoplatystoma punctifer* yang dilaporkan oleh (Gisbert *et al.*, 2014), bahwa saluran pencernaan *Pseudoplatystoma punctifer* hampir selesai berdiferensi pada umur 20-96 jam (4 hari) yakni organ bukopharing, kerongkongan, usus, hati dan eksokrin pankreas. Kuning telur habis diserap 6-7 DPF (6,8-7,3 mm). Organ pencernaan mencapai diferensiasi lengkap pada umur 10-15 DPF (10,9-15,8 mm), terlihat perkembangan kelenjar lambung, dan adanya pembentukan sphincter pyloric (pemisah antara lambung dan usus).

Perkembangan larva *P. punctifer* umur 33 HPF menunjukkan adanya mulut dan anus sudah terbuka, rongga bukopharingeal yang pendek, esophagus dalam masa diferensiasi, dan usus membentuk tabung lurus. Pada bukopharing terlihat ada kapiler darah sehingga bukopharing diduga memiliki peran penting sebagai tempat difusi oksigen

bebas yang berasal dari udara luar (atau dapat dikatakan sebagai alat pernapasan tambahan). Goblet cell sudah terdeteksi pada saat mulut terbuka (33 HPF) yang melapisi bukopharing dengan ukuran 35-45 mikrometer. Berkembang menjadi 50-75 mikrometer pada umur 57 HPF (4-5 hari). *Goblet cell* pada esophagus mampu memproduksi mucus untuk menjaga lapisan terluar sel agar tidak rusak pada saat terpapar makanan dan membantu proses penelanan makanan. *Taste bud* dan *tooth* terlihat pada umur 6 DPF. *Taste bud* pada bukopharing berfungsi merasakan material pakan dan jika tidak sesuai dengan selera (*palatability*), dibuang melalui celah insang. Kelenjar lambung (*Gastric gland*) terdeteksi pada umur 10 DPF. Terdeteksinya kelenjar lambung merupakan penanda bahwa spesies ini memiliki lambung asli (bukan lambung palsu). Kelenjar yang terbentuk pada lambung membantu pengelompokan spesies (bukan herbivora). Pada umur 11 DPF deposit lipid di usus (anterior dan posterior usus). Deposit lipid menunjukkan adanya proses penyerapan. Hati merupakan salah satu organ yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan hasil metabolisme (lemak, karbohidrat, vit.A, zat besi) yang dihubungkan oleh aorta dorsalis dan vena portal dari saluran pencernaan (masuk) dan keluar melalui vena hepatikus berujung di jantung ((Gisbert *et al.*, 2014).

Untuk spesies herbivora, yakni *Chanos chanos* yang dilaporkan oleh (Haryati, 2002), bahwa saluran cerna larva bandeng masih sangat sederhana pada umur 5 hari setelah menetas, berbentuk tabung lurus tanpa adanya tonjolan vili dan batas antara segmen belum terbentuk. Pada hari ke-10 setelah menetas, organ pencernaan mulai berdiferensiasi, ditandai dengan adanya batas antara anterior dan posterior intestine, meskipun pada permukaan usus belum tampak adanya vili.

Ikan bandeng berumur 10 hari setelah menetas, sudah terbentuk hati dan pankreas yang letaknya berdekatan dengan warna sel pankreas lebih gelap dibandingkan dengan sel hati. Meskipun keduanya berdekatan, namun tidak berdempetan satu

sama lain. Pada umur 15 hari setelah menetas, tonjolan vili pada usus sudah terlihat meskipun masih sangat rendah. Tonjolan vili berkembang semakin tinggi pada umur 20 hari setelah menetas. Banyaknya tonjolan mengindikasikan banyaknya penghasil enzim yang dapat membantu pencernaan, dan tingginya tonjolan akan memperluas area penyerapan nutrisi pada organ tersebut (Haryati, 2002).

Larva ikan bandeng umur 25 hari setelah menetas, organ lambung sudah dapat dibedakan antara usus dengan lambung dan dipisahkan saluran yang mengecil yakni *pylorus*. Selain itu, sel goblet juga berkembang di dalam usus. Pada umur 35 hari, di bagian permukaan usus hampir dipenuhi vili. Pada umur 39 hari setelah menetas pada saat metamorfosis, lambung kardiak mulai fungsional dengan terbentuknya kelenjar penghasil pepsin. Organ hati nampak pada umur 10 hari setelah menetas dengan hepatosit semakin bertambah seiring bertambahnya umur larva (Haryati, 2002).

Berdasarkan hasil tersebut, maka organ pencernaan larva ikan bandeng mencapai fase definitif setelah berumur 25 hari setelah menetas. Aktivitas enzim α -amilase dan pepsin tampak sangat rendah pada umur 2 hari setelah menetas, karena organ penghasil enzim belum terbentuk dan larva belum menerima pakan dari luar (*eksogenous*), tetapi sebaliknya aktivitas enzim lipase dan tripsin cukup tinggi pada umur tersebut. Hal tersebut dikarenakan, pemanfaatan kuning telur pada awal kehidupan (masa tersebut) dihidrolisis dengan bantuan enzim lipase untuk menghasilkan energi bebas. Aktivitas enzim tripsin tinggi pada larva yang baru menetas karena enzim penetasan dari kelenjar penetasan umumnya tipe tripsin. Aktivitas enzim lipase dan tripsin menurun seiring bertambahnya umur larva yakni pada umur 35 hari setelah menetas dan memperlihatkan aktivitas α -amilase yang semakin meningkat (Haryati, 2002).

Peningkatan aktivitas amilase mempertegas bahwa bandeng merupakan spesies yang memiliki kemampuan tinggi memanfaatkan karbohidrat sebagai sumber energinya. Pola kebiasaan makan pada bandeng pada awal kehidupannya yakni memanfaatkan zooplankton dan fitoplankton dan seiring berjalannya waktu perilaku tersebut akan berubah menjadi cenderung omnivora atau oportunistis. Kemampuan spesies omnivora dalam memanfaatkan karbohidrat jauh lebih baik jika dibandingkan dengan spesies karnivora. Peningkatan aktivitas enzim juga dipengaruhi oleh jenis pakan yang diberikan, karena adanya enzim yang terkandung pada pakan itu sendiri, misalnya pada *branchionus* (Haryati, 2002).

4.3 Perkembangan Mata Larva

Pada organ mata terdapat fotoreseptor yakni sel yang sensitif terhadap cahaya. Fotoreseptor tersebut bertindak menerima cahaya agar objek di depan mata dapat diterima mata lalu diteruskan ke otak untuk diterjemahkan. Ada dua jenis sel yang terkandung dalam fotoreseptor yakni sel *cone*/kon atau kerucut dan sel *rod*/rod atau batang. Keduanya bekerja pada kondisi yang berbeda yakni pada kondisi terang dan remang-remang (redup). Sel batang berperan melihat dalam kondisi redup (kurang cahaya), dan disinyalir terdiri dari 125 juta sel. Sedangkan sel kerucut berfungsi melihat dalam kondisi terang. Kon lebih sensitif terhadap intensitas cahaya dan warna cahaya biru, merah dan sebagainya. Perbedaan kesensitifan terhadap cahaya antara sel kon dan rod dipengaruhi oleh kandungan rhodopsin. Sel kon memiliki kandungan rhodopsin merupakan gabungan antara retinen dengan fotopsin, sedangkan rod memiliki rhodopsin yang merupakan gabungan antara retinen dengan scotopsin (Fujaya, 2008).

Mekanisme kerja sel kon dalam menerima cahaya yakni pada kondisi cahaya terang menyinari mata, kon bergerak menjauhi membran pembatas terluar dan kondisi rod diselimuti *epithelium* berpigmen. Sebaliknya, pada kondisi cahaya lemah

atau ikan berpindah ke tempat gelap, maka rod mendekati membran pembatas terluar dan segmen terluar dan pada kon dilindungi oleh *epithelium* berpigmen. Kon dan rod mampu menerima cahaya karena memiliki struktur fungsional yang terdiri atas segmen luar dan segmen dalam. Segmen luar mengandung fotokimia berupa rhodopsin dan segmen dalam mengandung banyak mitokondria yang berperan menyaring energi yang selanjutnya digunakan untuk fungsi fotoreseptor. Selain itu, terdapat korpus sinaptik yang berhubungan dengan sel neuron berikutnya. Sehingga fotoreseptor menyerap cahaya dan menyalurkan energi cahaya ke dalam bentuk energi elektrik yang dapat dimengerti oleh sistem saraf di otak (Fujaya, 2008).

Pada umumnya, larva ikan laut memiliki retina mata yang belum berkembang dengan baik. Hanya sel kerucut yang terbentuk di awal kehidupan larva ikan laut meskipun masih sederhana. Seiring bertambahnya umur, sel batang pada retina pun terbentuk. Pemangsaan pakan akan meningkat jika perkembangan mata juga memadai. Perkembangan mata akan mengalami kegagalan, jika suplai nutrisi tidak tercukupi. Keberadaan pakan awal bagi larva memerlukan perhatian tinggi dengan memastikan pakan berada di sekitar larva untuk menjamin pemangsaan pakan berhasil (Fujaya, 2008).

(Yúfera *et al.*, 2014) melaporkan bahwa pigmentasi mata pada larva ikan *Thunnus thynnus* terjadi pada umur 3 hari setelah menetas, dan pembentukan sel batang di retina terjadi pada umur 16 dan 21 hari setelah menetas. Perkembangan mata sejalan dengan waktu terbukanya mulut dan mulai berfungsi yakni pada umur 2 dan 3 hari setelah menetas. Hal ini memberi informasi akan kesiapan larva memangsa pakan. Terbentuknya inti sel batang secara sempurna pada saat larva bermetamorfosis di umur 17 hari setelah menetas, memainkan peran yang sangat penting dalam pengembangan retina mata, karena mampu meningkatkan kemampuan larva memangsa pakan dalam kondisi pencahayaan yang rendah, meningkatkan sensitivitas gerak, dan memberi kontribusi yang besar dalam hal menghindari predator.

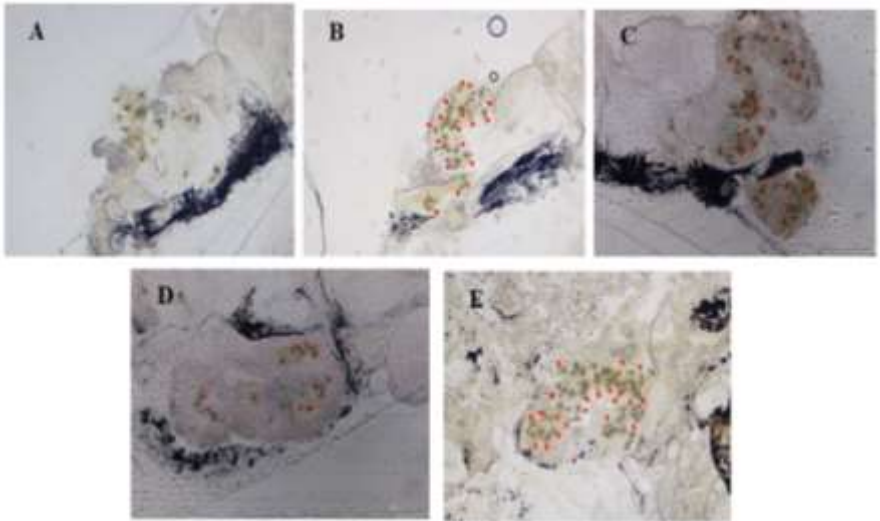
Sedangkan sel kerucut sudah terlihat pada umur 1 hari setelah menetas dan semakin jelas terlihat pada umur 6 hari setelah menetas. Inti sel kerucut pun terlihat jelas pada umur 17 hari setelah menetas. Adaptasi retina yang lambat dilakukan pada kondisi terang, dapat menyebabkan disorientasi visual bagi larva yang menyebabkan larva menabrak dinding.

Perkembangan mata juga merupakan indikator metamorfosis larva. Metamorfosis adalah masa transisi dari masa larva ke fase juvenil (remaja). Namun kadangkala metamorfosis mengalami kegagalan. Indikator gagalnya metamorfosis dapat berupa pertumbuhan abnormal, kesalahan perkembangan mata, terganggunya pigmentasi mata dan indikator yang paling mudah dideteksi adalah berhentinya kegiatan pemangsa pakan. Kegagalan metamorfosis disebabkan oleh banyak faktor misalnya nutrisi larva dan induk, kondisi lingkungan dan sekresi hormon serta beberapa gizi yang diduga memiliki peran secara tidak langsung terhadap metamorfosis. Gizi tersebut antara lain, DHA, EPA, ARA dan temuan terbaru melaporkan bahwa suplementasi taurin mampu mempercepat masa transisi larva (D Jusadi *et al.*, 2012); (Pinto *et al.*, 2016). Taurin memberi kontribusi yang besar dalam ilmu kesehatan dan gizi manusia, karena taurin memiliki peran yang sangat banyak, salah satu diantaranya adalah mendukung perkembangan retina mata (Schaffer, Takahashi and Azuma, 2000), tidak menutup kemungkinan akan memberi pengaruh yang serupa bagi perkembangan mata larva ikan.

Penambahan bahan pengaya telah mulai dilakukan oleh para ahli nutrisi. Salah satunya penambahan betakaroten ke dalam pakan ikan untuk memperoleh mata yang berkembang dengan baik. Pada penelitian yang kami lakukan (Darsiani *et al.*, 2023), pengayaan rotifera sebagai pakan awal bagi larva baronang *S. guttatus* dengan menggunakan betakaroten, ditemukan bahwa bahan pengaya tersebut dapat menunjang perkembangan mata larva baronang *S. guttatus*. Dosis yang paling baik untuk meningkatkan perkembangan mata adalah pada dosis 0,0075 mg/L.

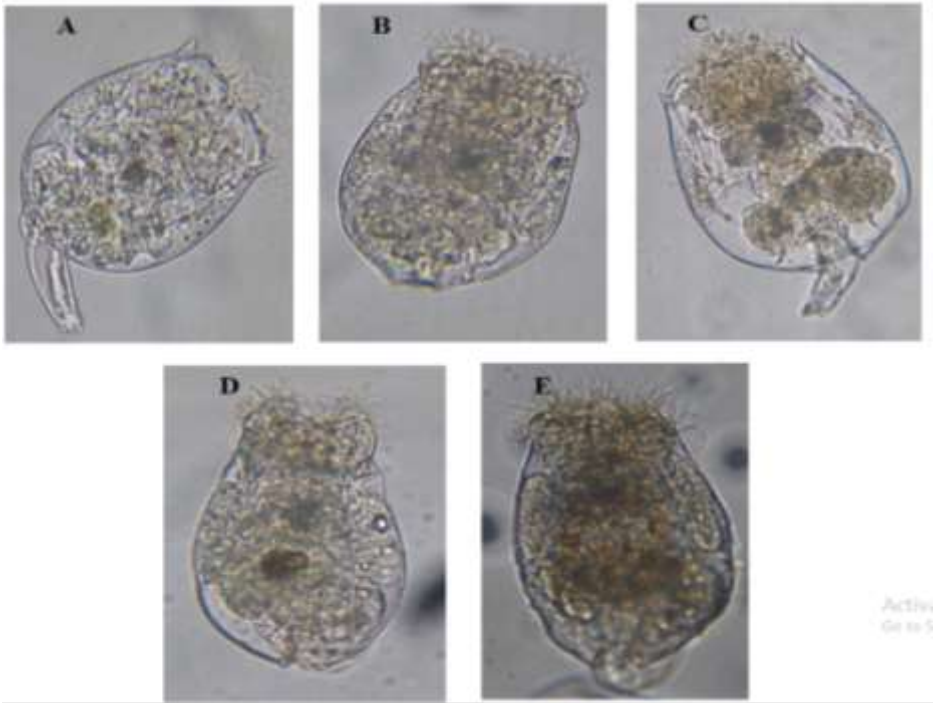
Pada perlakuan tanpa penambahan bahan pengaya betakaroten dan taurin, diperoleh ukuran diameter mata, ketebalan sel reseptor dan ukuran diameter lensa mata larva *S. guttatus* lebih kecil dibanding dengan perlakuan penambahan pengaya betakaroten dan taurin ke dalam pakan nya. Sehingga daya lihat mata larva menjadi kurang maksimal dan selanjutnya mengganggu aktivitas pemangsaan pakan. Menurut (Yúfera *et al.*, 2014), mata yang berdiferensiasi dengan dapat meningkatkan kemampuan larva melakukan aktivitas pemangsaan pakan, dan jumlah pakan yang termangsa berkorelasi positif dengan pertumbuhan dan kelangsungan hidup (Darsiani *et al.*, 2023).

Mata yang berkembang baik dapat menunjang kelangsungan hidup dan pertumbuhan menjadi lebih baik. Mata yang berkembang dengan baik, dapat meningkatkan kemampuannya menangkap bayangan objek di depannya, dalam hal ini adalah visual pakan yang menjadi target buruannya, sehingga jumlah pemangsaan pakan dapat mengalami peningkatan pula. Pada penelitian kami diperoleh hasil bahwa jumlah pakan yang termangsa lebih banyak pada perlakuan pengayaan rotifera menggunakan betakaroten. Hasil pengamatan isi perut larva ikan baronang *S. guttatus* dapat dilihat pada Gambar 4.1.



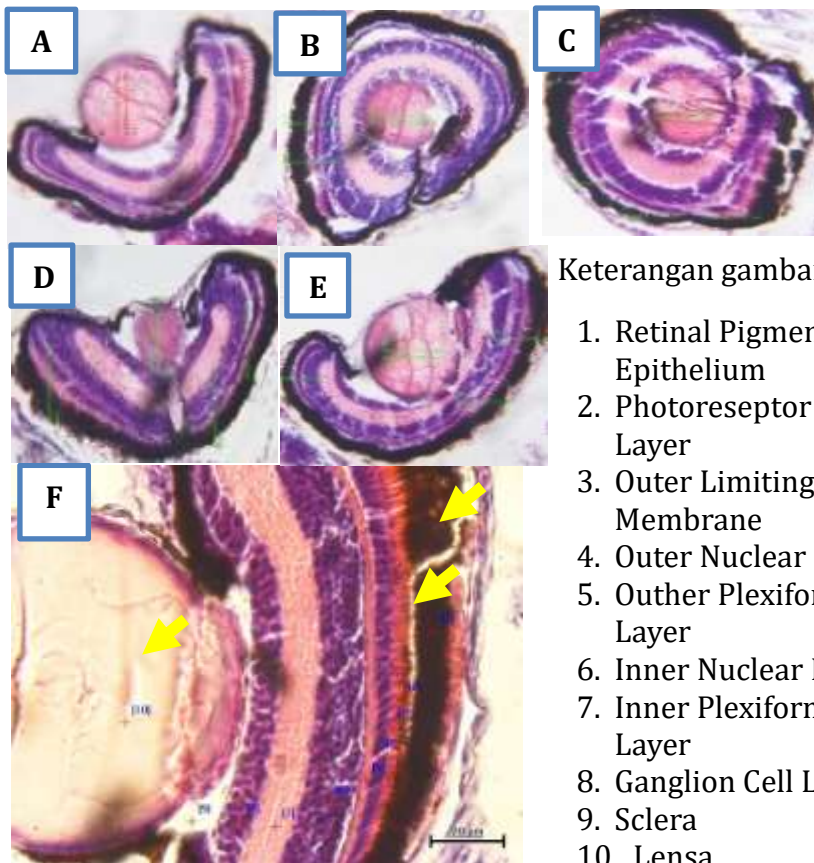
Gambar 4. 1. Hasil pengamatan isi perut larva ikan *S. guttatus* pada setiap perlakuan dosis β -karoten, A = tanpa β -karoten, B = 2,5 mg L⁻¹ β -karoten, C = 5,0 mg L⁻¹ β -karoten, D = 7,5 mg L⁻¹ β -karoten, dan E = 10 mg L⁻¹ β -karoten (Sumber: Darsiani *et al.*, 2023)

Pada penelitian ini juga diperoleh bahwa penggunaan betakaroten sebagai pengaya rotifera bukan hanya menambah nutrisi pakan alami rotifera tetapi juga memberi warna orange kemerahan yang dapat menstimulus larva melihat rotifera lebih mudah. Penampilan rotifera setelah pengayaan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2. Tampilan warna rotifera setelah pengayaan pada setiap perlakuan dosis β -karoten, A = tanpa β -karoten, B = $2,5 \text{ mg L}^{-1}$ β -karoten, C = $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ β -karoten, D = $7,5 \text{ mg L}^{-1}$ β -karoten, dan E = 10 mg L^{-1} β -karoten (Sumber: Darsiani *et al.*, 2023)

Selanjutnya informasi tambahan dari penelitian tersebut, menunjukkan bahwa kedua bahan pengaya pakan alami rotifera tersebut efektif dampaknya terlihat pada umur larva *S. guttatus* 6 hari setelah menetas. Sehingga dapat dijadikan acuan penggunaan bahan pengaya tersebut, agar lebih efisien mengingat harganya yang fantastis. Perkembangan mata larva baronang *S. guttatus* pada umur 10 hari setelah menetas dapat dilihat pada Gambar 4.3.

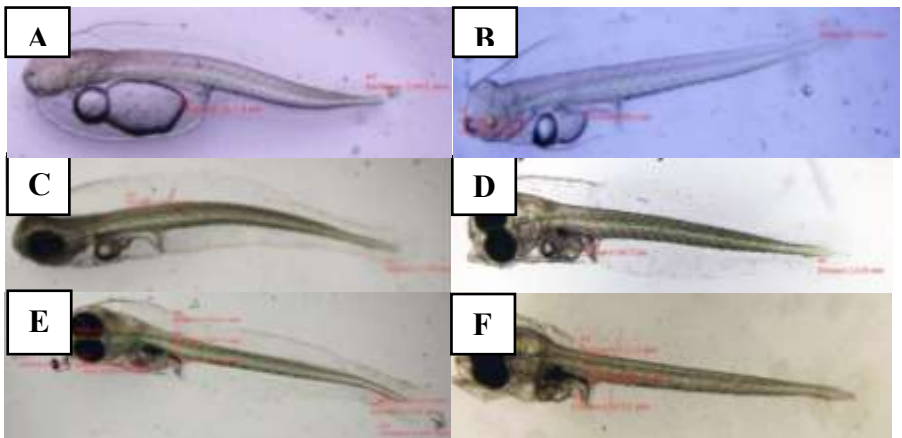


Gambar 4. 3. Perkembangan retina larva *S. guttatus* yang diberi taurin, (DAH= *day after hatch*, (tanda panah berwarna kuning menunjukkan 1. RPE, 2. sel fotoreseptor dan 10. lensa), A (pada umur 2 DAH), B, C, D, E (pada 10 DAH) dengan perlakuan dosis taurin, B. T0 mg L⁻¹, C. T25 mg L⁻¹, D. T50 mg L⁻¹, E. T75 mg L⁻¹ (pembesaran 4x), F. Bagian pada retina (pembesaran 100x) (Sumber: Darsiani *et al.*, 2023)

4.4 Perubahan Bentuk Tubuh Larva Ikan Baronang dari Umur 1-10 Hari Setelah Menetas

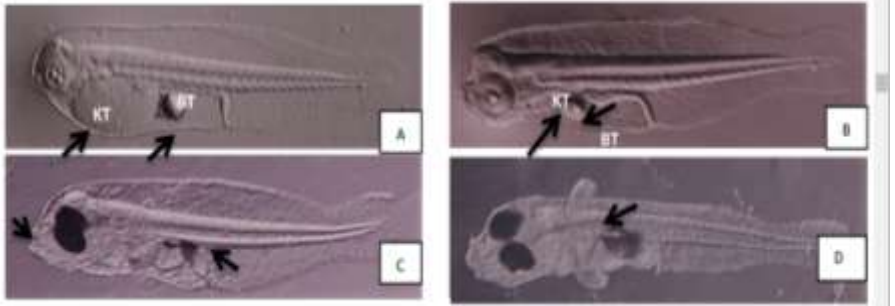
Bentuk tubuh larva ikan baronang sangat sederhana, dengan ukuran kepala lebih besar dari pada ukuran tubuh, warnanya cenderung transparan sehingga saluran pencernaan dapat terlihat jelas, dan memiliki kuning telur (cadangan makanan) yang menempel tepat di bawah tubuhnya (lihat Gambar 4.4). Pigmentasi tubuh dan mata terjadi setelah berumur 2 hari setelah menetas (2 DAH).

Ukuran panjang total dan lebar badan larva *S. guttatus* mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan umur. Kuning telur dan butiran minyak terlihat mengalami penurunan ukuran seiring dengan pertambahan umur pada larva baronang, hal ini menunjukkan bahwa larva baronang memanfaatkan cadangan makanan tersebut untuk memenuhi energi hariannya. Penyusutan cadangan makanan pada perut larva baronang terlihat tergantung dengan terbentuknya organ tubuh bagian perut.



Gambar 4. 4. Morfologi Larva Ikan *S. guttatus*; A. Umur 6 HAH, B. 13 HAH, C. 24 HAH, D. 2 DAH, E. 3 DAH, F. 4 DAH, HAH= *Hour After Hatching*, DAH= *Day After Hatching* (Sumber: Darsiani *et al.*, 2022)

Ismi et al. (2018) melaporkan hal yang serupa, bahwa larva kerapu cantik memiliki warna yang transparan, bersifat planktonik (pergerakan dipengaruhi oleh arus), memiliki kuning telur. Berikut ditampilkan hasil pengamatan larva kerapu cantik dari penelitian tersebut (lihat Gambar 4.5).



Gambar 15. Morfologi Larva Kerapu Cantik, A. Larva Umur 1 Hari, B. Larva Umur 2 Hari, C. Larva Umur 3 Hari Dan D. Larva Umur 4 Hari. (Pembesaran 4 X) (Sumber: Ismi *et al.*, 2018)

BAB V

UPAYA PENINGKATAN KUALITAS DAN Kuantitas LARVA MELALUI PENDEKATAN NUTRISI

5.1 β -Karoten sebagai Pengaya Rotifera untuk Baronang

Rotifera digunakan sebagai pakan alami bagi larva ikan baronang, dan sebelumnya telah diperkaya β -karoten. Rotifera memiliki kemampuan meretensi senyawa pengaya di dalam tubuhnya. Pada penelitian ini diperoleh bahwa β -karoten yang terkandung dalam rotifera setelah pengayaan, tertinggi diperoleh pada perlakuan 7,5 mg L⁻¹ (B7,5), kemudian disusul perlakuan (B10), (B5,0), (B2,5), dan paling kecil pada (B0). Namun β -karoten secara alamiah terkandung dalam tubuh rotifera, diduga berasal dari makanan rotifera pada saat dikultur yakni *Nannochloropsis oculata* (Fakhri *et al.*, 2017). Dugaan lain yang dapat menjadi sumber β -karoten adalah berasal dari tambahan nutrisi bahan lain yang digunakan pada proses pengayaan rotifera. Pada penelitian ini, proses pengayaan menggunakan bahan tambahan seperti ragi roti, kuning telur, dan DHA. Bahan-bahan tersebut, merupakan bahan yang dapat menambah nutrisi bagi rotifera, baik kandungan protein, lemak, karbohidrat, air, dan mineral (Oktaviani, Kariada and Utami, 2012).

Secara alamiah, rotifera memiliki warna cenderung transparan, dan dapat mengikuti warna pakan yang diberikan. Setelah dikayakan dengan β -karoten, warnanya berubah kemerah-merahan (orange) (dapat lihat Gambar 4.2).

Dampak positif dari warna rotifera yang kontras dengan lingkungan adalah dapat memicu kemampuan larva melihat pakan sehingga jumlah pemangsaan pakan dapat ditingkatkan.

Hal serupa dilaporkan oleh (Hendra, Hasan and Farida, 2014) menyatakan bahwa, kekontrasan warna pakan dapat membantu larva mendeteksi keberadaan pakan. Jika pakan dapat terlihat dengan baik oleh larva, maka jumlah pemangsaan pakan dapat mengalami peningkatan (Yúfera *et al.*, 2014).

Jumlah pemangsaan pakan dapat diketahui dengan cara melakukan pengamatan isi perut pada larva ikan *S. guttatus* (Gambar 11). Pada penelitian ini, diperoleh bahwa pengayaan rotifera dengan menggunakan β -karoten dapat meningkatkan jumlah pemangsaan pakan.

Jumlah pakan yang memadai dapat menunjang pertumbuhan mutlak pada larva ikan baronang. Penambahan ukuran tubuh menjadi indikator tercapainya pertumbuhan. Bertambahnya ukuran tubuh pada ikan, memicu perkembangan mata dan kemampuan melihat juga mengalami peningkatan. Ukuran mata yang besar pada ikan, merupakan salah satu bentuk adaptasi dalam hal meningkatkan sensitivitasnya terhadap cahaya, terutama pada ikan laut perairan dalam (Afitah *et al.*, 2020). Semakin besar diameter mata, maka ukuran bagian penyusun mata juga ikut membesar, termasuk luasan lensa mata, dan ketebalan retina serta ketebalan sel fotoreseptor yang terdapat pada retina, sehingga mendukung kemampuan mata untuk melihat objek di depannya. Lensa mata yang berkembang dengan baik, dapat menjamin kemampuan daya lihat mata. Lensa mata memiliki fungsi mengatur penglihatan jarak jauh dan dekat, memusatkan jatuhnya bayangan pada retina, sehingga dapat menunjang keberhasilan pemangsaan pakan dan pertumbuhan (Fiolita, Razak and Novriyanti, 2017). Ditambahkan oleh (Fuad *et al.*, 2020), bahwa cahaya yang diterima oleh mata dapat menstimulasi pertumbuhan. Cahaya dapat menstimulasi pertumbuhan melalui aktivasi hormon pertumbuhan (GH hormon somatotropik).

β -karoten dapat mendukung perkembangan retina tepatnya di retinal pigment epithelium (RPE), dan senyawa metabolit vitamin A yang berperan adalah *11-cis retinal* (Cvekl and Wang, 2009); (Medina *et al.*, 2019). Selain itu, β -karoten juga berperan menjaga kesehatan makula pada retina (Yunarsa and Adiatmika, 2018). Selanjutnya dinyatakan oleh (Cvekl and Wang, 2009); (Medina *et al.*, 2019), bahwa senyawa metabolit vitamin A yakni *All-trans* dan *9-cis retinoic acid* mendukung pertumbuhan melalui aktivasi RXR (*reseptor X retinoid*) dan RAR (*reseptor retinoid acid*) untuk melakukan transkripsi DNA menjadi RNA. Selanjutnya dapat dinyatakan bahwa penggunaan β -karoten pada percobaan ini, dapat mendukung perkembangan sel (tumbuh) termasuk perkembangan sel fotoreseptor pada retina, dan selanjutnya dapat meningkatkan kemampuan daya lihat mata larva *S. guttatus*.

Dari penelitian ini juga dilaporkan bahwa pengayaan rotifera dengan menggunakan β -karoten, secara signifikan dapat meningkatkan kandungan antioksidan pada larva *S. guttatus*. Nilai antioksidan tertinggi diperoleh pada perlakuan (B7,5) menunjukkan bahwa performa kesehatan larva *S. guttatus* terbaik diperoleh pada perlakuan tersebut. Performa kesehatan yang baik, dapat menjadi salah satu faktor tercapainya pertumbuhan yang lebih baik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengayaan rotifera dengan menggunakan β -karoten dapat menunjang pertumbuhan larva baronang, dan dosis terbaik diperoleh pada B7,5. Selain itu, percobaan ini juga diperoleh peningkatan kelangsungan hidup larva ikan baronang pada penambahan β -karoten dosis B7,5.

5.2 Taurin sebagai Pengaya Rotifera untuk Baronang

Kondisi alami, rotifera mengandung taurin tetapi dalam jumlah yang kecil, diduga berasal dari suplai protein dari bahan lain yang digunakan dalam proses pengayaan rotifera, seperti

ragi roti, kuning telur, dan DHA. Ragi roti dan telur merupakan bahan yang dapat menambah nutrisi (protein) bagi rotifera. Menurut (Oktaviani, Kariada and Utami, 2012), telur ayam mengandung protein, lemak, karbohidrat, air, dan mineral. (Swari, Rahardja and Prayogo, 2019), ragi roti merupakan substrat organik yang baik untuk meningkatkan populasi rotifera, karena mengandung karbohidrat dan protein yang tinggi. Pada saat dikayakan dengan taurin, rotifera dapat menyimpan di dalam tubuhnya namun memiliki keterbatasan kemampuan meretensi pada dosis yang berlebih.

Dari riset lain yang dilakukan oleh Darsiani dan tim (publikasi masih dalam proses), melaporkan bahwa pengayaan rotifera dengan menggunakan taurin dapat meningkatkan jumlah pemangsaan pakan tertinggi dan diperoleh pada perlakuan dosis T50 (50 mg L^{-1}) dan terendah pada perlakuan T0. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan pengayaan rotifera sebagai pakan alami larva baronang emas dengan menggunakan taurin dosis berbeda, dapat meningkatkan jumlah pemangsaan pakan. Hal serupa dilaporkan oleh (Sun *et al.*, 2023), bahwa taurin dapat meningkatkan daya tarik (*palatability*) organisme terhadap makanan yang dikayakan taurin, sehingga nafsu makan menjadi meningkat dan mempengaruhi jumlah pemangsaan. Peningkatan nafsu makan pada juvenil moluska ivory shell (*Babylonia areolata*) diketahui melalui pengujian ekspresi gen. Pada pengujian ditemukan kehadiran ekspresi mRNA gen nafsu makan sebanyak 4 jenis yakni leptin, orexin, NPY, dan cholecystokinin. Peningkatan nafsu makan, dapat memicu aktivitas pemangsaan pakan dan selanjutnya dapat diperoleh pertumbuhan dan kelangsungan hidup.

Pada penelitian ini, larva umur 2-5 DAH memiliki kemampuan melihat yang masih terbatas, dan setelah dilakukan penambahan taurin menunjukkan bahwa kemampuan melihat larva baronang emas mengalami peningkatan. Hal ini sesuai yang

dilaporkan oleh Lombardini (1983); Lombardini (1991); Militante dan Lombardini (2002), bahwa kinerja taurin dalam mendukung kemampuan melihat melalui regulasi kalsium bebas di dalam RPE *retinal pigmen epithelium*. Glutamat yang dirilis pada kondisi gelap dapat menginduksi peningkatan kadar kalsium (Ca^{2+}) bebas dalam RPE. Konsentrasi kalsium bebas yang tinggi mampu menghambat kinerja *rhodopsin kinase* (menunjang kemampuan individu melihat dalam kondisi cahaya rendah), dapat menghambat kinerja CGMP (saluran ion Na^+ masuk ke dalam RPE), padahal Na^+ merupakan senyawa yang dapat mengikat kalsium bebas sehingga konsentrasinya dapat menurun dalam RPE, dan dapat menghambat kinerja *guanylate cyclase* (fototransduksi yang dapat mengubah cahaya menjadi sinyal listrik ke otak untuk menerjemahkan informasi yang diperoleh).

Pada kondisi kelebihan dosis taurin dapat menyebabkan penurunan fungsi daya lihat mata karena perkembangan mata terganggu. Diduga bahwa pemberian taurin dosis yang lebih tinggi dari B7,5 pada larva baronang emas dapat merusak sel pada mata. Menurut (Watanabe, Ito and Fukuda, 2022), taurin bukan senyawa akhir sintesis metionin dan sistein. *N-acetyltaurin* (NAT) dan *N-chlorotaurin* (NCT) adalah senyawa turunan dari taurin. Meskipun secara biologis sifatnya kurang beracun, namun dapat menyebabkan penurunan stabilitas sel. Hal serupa dilaporkan oleh (Sun *et al.*, 2023), bahwa kelebihan dosis taurin dapat menghambat pertumbuhan, menyebabkan cedera usus, dan menyebabkan perubahan patologis organ hati. Lebih lanjut dijelaskan oleh (Kotzamanis *et al.*, 2020), bahwa kerusakan organ hati dapat terjadi akibat kecaman osmotik, sehingga hepatosit hati melisis dan melepaskan pigmen empedu yang berlebih. Kehadiran senyawa taurin yang cukup (tepat) dapat membantu mengefektifkan kinerja organ hati menjadi lebih baik, melalui kemampuannya meregulasi kalsium di dalam tubuh, sehingga penggunaan taurin harus sesuai dosis.

Peningkatan kemampuan mata melihat objek dapat pula diketahui melalui jumlah pemangsaan pakan yang dicapai (Yúfera *et al.*, 2014). Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa jumlah pemangsaan pakan secara signifikan lebih tinggi pada perlakuan penambahan taurin dibandingkan dengan tanpa taurin. Pemangsaan pakan tertinggi diperoleh pada dosis T50 mg L⁻¹. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mata yang berkembang dengan baik, dapat meningkatkan jumlah pemangsaan pakan menjadi lebih tinggi melalui perlakuan pengayaan taurin. Hal serupa dilaporkan oleh (Jusadi *et al.*, 2012) dan (Hernandez *et al.*, 2018), bahwa jumlah pemangsaan pakan mengalami peningkatan melalui suplementasi taurin. Selanjutnya pemangsaan pakan yang dicapai dapat menunjang pertumbuhan dan perkembangan larva menjadi lebih baik (Miranti, Muslim and Yulisman, 2017).

Peran taurin cukup banyak termasuk sebagai antioksidasi yang mampu meningkatkan kekebalan (Dong, Zheng and Rui, 2017) dan menetralkan turunan superoksida hasil dari mitokondria (Schaffer and Kim, 2018), serta dapat mengurangi stres (Akanke and Ahmed, 2017); (Mezzomo *et al.*, 2019). Hal serupa dilaporkan oleh (Marcinkiewicz and Kontny, 2012), bahwa taurin dapat meredakan racun seperti asam hipoklorit (HOCl) dan asam hipobrom (HOBr). Kedua asam tersebut adalah senyawa agen peroksida. Taurin dapat mengubah kedua asam tersebut menjadi senyawa yang lebih stabil dan secara biologis kurang beracun yakni menjadi Taurin kloramin (TauCl) dan Taurin bromamin (TauBr).

Taurin dapat meningkatkan sintesis glutathion dalam tubuh. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengayaan rotifera menggunakan taurin mampu meningkatkan kandungan antioksidan *glutathion peroksida* (GPx) pada larva, dan pada perlakuan dosis taurin yang lebih tinggi secara signifikan meningkatkan kandungan taurin pada rotifera. Dari hasil

penelitian ini dapat diartikan bahwa penambahan taurin dapat meningkatkan tingkat kesehatan larva menjadi lebih baik. (Yunarsa and Adiatmika, 2018) menyatakan bahwa kandungan antioksidan yang tinggi dalam tubuh organisme mengindikasikan kondisi kesehatan yang prima. Penggunaan sejumlah antioksidan dilakukan untuk melawan radikal bebas. Radikal bebas dalam tubuh dapat bersumber dari aktivitas metabolisme atau dapat pula disebabkan oleh stres. Kondisi stres yang berkepanjangan dapat merusak sel dan menyebabkan penurunan fungsi organ.

Dalam penelitian ini, respons lain dari pengayaan taurin diamati pada pertumbuhan panjang larva ikan baronang emas. Pertambahan panjang tubuh larva baronang emas pada kelompok yang diberi taurin diduga berkorelasi positif dengan perkembangan tulang belakang. Zulfahmi *et al.* (2018) mengungkapkan bahwa perkembangan tulang belakang merupakan faktor penting bagi pertumbuhan ikan karena mendukung penguatan otot. Temuan serupa dilaporkan dari ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) dan udang vaname *Litopenaeus vannamei* (Jusadi *et al.*, 2012); (Jusadi *et al.*, 2015) bahwa pertumbuhan larva ikan dan udang lebih baik pada perlakuan pemberian pakan rotifera yang diperkaya taurin dengan dosis T50 mg L⁻¹. Fenomena serupa dilaporkan oleh (Bavi *et al.*, 2022), defisiensi taurin ataupun kelebihan dosis dapat menurunkan kinerja pertumbuhan juvenil *Acipenser ruthenus*. Gangguan pertumbuhan pada perlakuan pemberian taurin yang berlebihan disebabkan oleh terhambatnya penyerapan nutrisi. Hal ini sejalan dengan pendapat (Liu *et al.*, 2022) yang melaporkan bahwa taurin yang berlebihan dapat merusak saluran pencernaan dan hati pada *Scophthalmus maximus* sehingga proses penyerapan nutrisi pakan menjadi terhambat.

Pertumbuhan dapat diperoleh jika kebutuhan energi harian dapat terpenuhi. Salah satu faktor yang dapat menghemat penggunaan energi adalah penggunaan pakan yang dapat

dimanfaatkan (diserap) dengan mudah oleh tubuh. Menurut (Jusadi *et al.*, 2012), taurin adalah salah satu asam amino esensial sederhana yang dapat digunakan secara langsung (diserap) oleh tubuh untuk meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan larva ikan yang mengkonsumsinya. (McBean, 2017) mengemukakan bahwa meskipun taurin dapat disintesis dari metionin dan sistein dengan bantuan beberapa enzim, seperti *cystathionine- β -synthetase* (C β S), *γ -cystathionine* (CTH), *cysteine dioxygenase* (CDO), *cysteine sulfinic acid decarboxylase* (CSAD), *hypotaurine oxidase*, dan *cysteic acid decarboxylase*. Namun rangkaian tahapan sintesis asam amino ini, membutuhkan sejumlah energi untuk memperoleh senyawa taurin.

Peran taurin sebagai peregulasi kalsium dalam tubuh, juga berimbas pada sel saraf. Hasil penelitian yang dilaporkan oleh (Jakaria *et al.*, 2019), bahwa taurin memiliki kemampuan regulasi kalsium bebas di dalam sel sehingga dapat mencegah kerusakan (*apoptosis*) sel termasuk sel saraf (menjaga stabilitas sel), dengan cara mengaktifkan kinerja enzim kalpain dan kaspase. Pada kondisi sel saraf yang sehat dapat memperlancar pengiriman/ sinyal pesan pada otak untuk melakukan organogenesis yang dikendalikan oleh saraf pusat (Banthani *et al.*, 2019), sehingga dapat menghasilkan pertumbuhan.

Kinerja taurin terhadap pertumbuhan juga dilaporkan oleh (Qian *et al.*, 2021), bahwa taurin mampu meningkatkan fungsi pencernaan pada usus dan mengatur metabolisme glikolipid untuk meningkatkan pemanfaatan karbohidrat yang terkandung dalam pakan sehingga dapat mendukung pertumbuhan. (Qian *et al.*, 2021) mengemukakan bahwa taurin mampu menjaga kesehatan usus juvenil belut sawah *Monopterus albus* sehingga penyerapan nutrisi pakan menjadi lancar. Pada percobaan ini, diperoleh pertumbuhan larva baronang emas yang cenderung lambat meskipun sudah diberi taurin. Hasil penelitian ini memberi gambaran bahwa larva baronang emas diduga tidak

terlalu membutuhkan pakan yang diperkaya taurin. Senada dengan pernyataan (Sun *et al.*, 2023), bahwa tampaknya ikan herbivora tidak terlalu membutuhkan asupan taurin yang tinggi, berbeda pada ikan karnivora yang membutuhkan pakan dengan kandungan taurin yang tinggi.

Pada penelitian ini terlihat bahwa pertumbuhan berbanding lurus dengan ukuran sirip larva, sebagaimana efek taurin dapat menunjang perkembangan tulang termasuk sirip. (Izquierdo *et al.*, 2019), cara kerja taurin dalam menunjang perkembangan tulang dan sirip melalui aktivasi osteokalsin dalam tulang, sehingga aktif mengikat kalsium. Namun taurin pada dosis yang tidak tepat, baik dosis rendah maupun tinggi, dapat mengganggu penyerapan nutrisi, sehingga perkembangan sirip terganggu. Sirip yang berkembang baik dapat menunjang pergerakan larva di dalam kolom perairan menjadi lebih baik. Perlakuan T50 memberikan perkembangan sirip yang lebih baik. Hasil penelitian yang dilaporkan oleh (Jusadi *et al.*, 2012), bahwa taurin mampu mempercepat perkembangan stadium larva udang putih *Litopenaeus vannamei*. Menurut (Rahardjo, 2020), sirip dapat menunjang aktivitas pergerakan (berenang) ikan termasuk menangkap pakan. Kestabilan pergerakan ikan dapat memicu peningkatan jumlah pemangsaan pakan dan menghasilkan pertumbuhan serta kelangsungan hidup yang lebih baik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa T50 memperoleh persentase kelangsungan hidup yang lebih tinggi. Hal yang sama oleh (Jusadi *et al.*, 2012), dengan suplementasi taurin dosis 50 mg L⁻¹ meningkatkan kelangsungan hidup secara signifikan pada kerapu bebek *Cromileptes altivelis*, dan udang putih *Litopenaeus vannamei*. (Banthani *et al.*, 2019) mendapatkan kelangsungan hidup larva kerapu sunu *Plectropomus leopardus* secara signifikan lebih tinggi pada perlakuan penambahan taurin dibandingkan dengan tanpa taurin. Selain nutrisi pakan, kelangsungan hidup larva dapat pula dipengaruhi oleh kondisi

biologi larva dan lingkungan hidupnya (Warastuti *et al.*, 2022). Diduga pada stadia atau umur tertentu, suplementasi taurin dapat memberi efek yang lebih baik terhadap pertumbuhan, perkembangan, dan kelangsungan hidup larva *S. guttatus*. (El-Sayed, 2014); (Hernandez *et al.*, 2018); (Wei *et al.*, 2020), melaporkan bahwa efek taurin dapat berbeda pada setiap spesies, ukuran tubuh, dan tingkatan umur yang berbeda.

BAB VI

Weaning (Penyapihan)

6.1 Tujuan dan Manfaat

Pada stadia larva, transisi dari pakan alami ke pakan buatan sangat penting untuk pertumbuhan dan kelulushidupan (sintasan) ikan. Pada fase ini, larva ikan sering mengalami kematian masal karena kurangnya perhatian pada prosesnya. Penyapihan dilakukan untuk mengurangi penggunaan pakan alami atau pakan hidup. Proses penyapihan dilakukan secara bersamaan atau dengan menggabungkan pakan hidup dan pakan buatan dengan intensitas pakan hidup yang semakin rendah hingga dihentikan. Strategi penyapihan (*weaning*) diperlukan untuk mengganti pakan hidup dan meningkatkan penerimaan pakan buatan. Namun tetap saja pakan buatan memiliki kelemahan karena mudah larut dalam air sehingga kandungan nutrisi mengalami penurunan jumlah.

Weaning adalah peralihan penggunaan pakan dari jenis yang satu ke jenis yang lain. Istilah ini lebih dikenal dengan penyapihan. Penyapihan sering kali digunakan dalam berbagai hal kegiatan pemeliharaan makhluk hidup. Misalnya (termasuk) memelihara ikan, mengupayakan penggunaan pakan alami diganti dengan penggunaan pakan buatan (Parma *et al.*, 2013).

Dalam usaha pembenihan, penggunaan pakan alami dapat dikatakan tidak praktis dan ekonomis karena untuk memperbanyak jumlah (mengkultur) pakan alami, membutuhkan banyak biaya, ruang/tempat yang luas dan waktu yang lama. Selain itu, pakan hidup juga memerlukan pengkayaan untuk mendapatkan kandungan nutrisi yang sesuai keinginan dan kebutuhan (Zambonino Infante and Cahu, 2001); (Faulk and Holt, 2009); (Hoseinifar, Dadar and Ringø, 2017) serta

pertumbuhannya sangat dipengaruhi oleh kondisi alam (cuaca) karena kegiatan mengkultur massal biasanya dilakukan di luar ruangan (kondisi alam tidak dapat dikontrol). Namun penggunaan pakan alami belum dapat sepenuhnya ditiadakan (Li *et al.*, 2017), karena tetap saja pakan alami memiliki keunggulan yakni memiliki ukuran yang kecil dan memiliki cairan tubuh (enzim eksogen) yang membantu proses pencernaan (*predigestion*) bagi larva (Curnow *et al.*, 2006). Cairan tubuh pakan alami tersebut dibutuhkan larva karena kondisi saluran cerna pada masa larva masih sangat sederhana hanya menyerupai tabung lurus dan keberadaan enzim masih sangat minim. Tetapi penggunaan pakan alami perlu dipersingkat, mengingat ketidakpraktisannya (Haryati, 2002).

Penggunaan pakan alami dengan waktu yang lama dalam pemeliharaan larva perlu dipersingkat, menggantikan perannya dengan penggunaan pakan buatan. Pakan buatan tergolong lebih praktis, karena dapat disimpan dalam waktu yang lama, tidak memerlukan ruang yang besar, dan kandungan gizi dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan (dibutuhkan oleh larva) pada saat formulasi pakan. Penggunaan *microdiets* merupakan salah satu alternatif strategi untuk mengurangi biaya produksi, menjaga kebersihan wadah pemeliharaan, tetap dapat mendukung metamorfosis larva dan kelangsungan hidupnya, karena pertumbuhan negatif hanya terjadi pada awal pengenalan pakan buatan (Haryati, 2002). Pada penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo *et al.* (2020), penyapihan dilakukan dengan metode biomikroenkapsulasi dengan memanfaatkan *maggot* (telur lalat BSF) sebagai penyalut (kapsul) kemudian diisi nutrisi pada bagian dalam *maggot*.

6.2 Waktu *weaning* yang tepat pada beberapa spesies ikan

Masa penyapihan merupakan fase yang kritis bagi larva, sering kali terjadi mortalitas yang tinggi dan penurunan pertumbuhan yang cukup drastis. Masa tersebut bukan hanya perubahan jenis pakan yang diberikan tetapi juga merupakan

masa adaptasi antara kedua jenis pakan yakni memperkecil volume pakan alami dan meningkatkan volume penggunaan pakan buatan. Penelitian tentang masa penyapihan telah banyak menarik minat para peneliti dan pembudidaya, karena dapat memberi keuntungan besar dengan menekan biaya produksi (Parma *et al.*, 2013). Perkiraan penghematan biaya produksi mencapai 80% (Sauthgate 2012 *dalam* Parma *et al.*, 2013).

Waktu yang tepat bagi larva dapat memanfaatkan pakan buatan diketahui dari kesiapan saluran cerna yang lengkap dan kelenjar pencernaan berkembang sempurna (Parma *et al.*, 2013). Dibutuhkan perencanaan yang matang untuk menggantikan pakan alami dengan pakan buatan (saat yang tepat), agar penggantian jenis pakan lebih efektif (Haryati, 2002).

Pada setiap spesies, penyapihan harus tetap memperhatikan beberapa hal yakni waktu mulai menyapih, lama penyapihan, jenis dan jumlah pakan yang diberikan, pola makan harian serta kombinasi antara pakan buatan dengan pakan alami. Penyapihan dikatakan berhasil, jika penggunaan pakan alami dapat dipersingkat. Waktu yang ideal untuk melakukan penyapihan, yakni pada masa awal larva dapat memanfaatkan *microdiets* dan ketika pakan hidup yang diberikan tidak mampu lagi menopang pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya (Parma *et al.*, 2013). Namun ada beberapa kriteria yang mesti menjadi perhatian dalam kegiatan penyapihan (dilihat pada Tabel 2).

Evaluasi kegiatan penyapihan dapat dilakukan dengan mempertimbangkan hasil kelangsungan hidup dan pertumbuhan larva. Kematian (1-2%/hari) yang stabil terjadi di awal masa penyapihan, namun angka kematian akan berangsur menurun pada hari berikutnya. Pertumbuhan diukur dengan memperhatikan bobot tubuh akhir dan tingkat pertumbuhan spesifik. Selain mempertimbangkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva, diperlukan pula evaluasi biaya dan hasilnya agar keberlanjutan usaha budidaya dapat terjamin (Parma *et al.*, 2013).

Tabel 2. Daftar faktor yang perlu diperhatikan dalam memilih penyapihan untuk larva ikan (Parma *et al.*, 2013)

Ikan	<i>Microdiets</i>	Keuntungan bagi pembudidaya
Fase larva	Ukuran	Pertumbuhan dan kelangsungan hidup
Waktu metamorphosis	Daya apung dan kelarutan	Nilai ekonomi larva yang disapih
Ontogeni saluran pencernaan	Palatability dan daya tarik	Biaya <i>microdiets</i>
Kemampuan memangsa	Kandungan nutrisi dan pencernaan	Biaya pakan alami

Ketepatan waktu pemberian pakan bagi larva ikan *Lates calcarifer* Bloch, berpedoman pada kesesuaian antara kualitas pakan dengan perkembangan fisiologis larva (Curnow *et al.*, 2006), sehingga dibutuhkan evaluasi perkembangan larva yakni studi ontogeni saluran pencernaan sebagai indikator kesiapan larva menerima jenis pakan. Metamorfosis larva seiring dengan perkembangan saluran cerna pada ikan *Hippoglossus hippoglossus*. Pada awal larva, lambung bentuknya sangat sederhana hanya menampung makanan, belum ada aktivitas enzim. Aktifnya enzim pepsin dan pepsinogen pada lambung *H. hippoglossus* mencerminkan kesiapannya menerima pakan. Hasil ontogeni larva, membantu menentukan jadwal pemberian pakan (Gomes *et al.*, 2014). Hadirnya enzim pencernaan juga memberi gambaran tentang kapasitas larva memanfaatkan pakan yakni mencerna dan menyerapnya menjadi sumber energi. Hal ini pun berlaku juga pada larva ikan *Dentex dentex* (Gisbert *et al.*, 2009).

Ketepatan waktu memilih memulai penyapihan merupakan upaya mengoptimalkan kegiatan penyapihan (Parma *et al.*, 2013). Waktu penyapihan antara spesies yang satu dengan yang lainnya berbeda, karena tergantung dari kesiapannya menerima penyapihan, baik dari segi kesiapan saluran cerna maupun kondisi perkembangan enzim dalam saluran pencernaannya.

Seperti yang disebutkan sebelumnya, bahwa *weaning* yang dilakukan lebih awal akan memberi keuntungan yakni meminimalkan biaya produksi (Haryati, 2002).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Haryati, 2002), melaporkan bahwa penggunaan pakan buatan untuk pemeliharaan larva ikan bandeng dapat dilakukan pada umur 15 hari setelah menetas, dengan bobot pakan buatan yang diberikan rata-rata 0,0039g. (Parma *et al.*, 2013) menunjukkan bahwa penggunaan pakan buatan pada larva ikan *Solea solea* L mulai dapat dilakukan pada umur 13 DPH dan 18 DPH, hal ini tidak mempengaruhi kelangsungan hidupnya. Meskipun penggunaan pakan buatan lebih baik dilakukan pada umur 27 DPH dengan peningkatan bobot tubuh yang lebih baik, namun umur 13 DPH dan 18 DPH masih lebih baik dibandingkan dengan tanpa pemberian pakan alami pada awal kehidupannya.

Sedangkan hasil percobaan (Salem *et al.*, 2018) pada larva European seabass (*Dicentrarchus labrax*) menunjukkan bahwa pemberian pakan buatan pada umur 25 DPH tidak berbeda dengan umur 35 DPH dari segi kelangsungan hidup dan bobot tubuh larva, meskipun menunjukkan perbedaan panjang tubuh larva. Sehingga penyapihan dapat dilakukan pada umur 25 hari setelah menetas untuk meminimalkan waktu penggunaan pakan alami.

Untuk spesies *S. guttatus*, yakni penelitian yang dilakukan oleh (Quinitio and Castor-Sa-an, 2008) dan (Kamaruddin and Lante, 2015) melaporkan bahwa pemberian pakan buatan dapat dimulai dilakukan pada umur 20 hari setelah menetas. Hal tersebut dianjurkan dengan pertimbangan hasil penelitian mengenai perkembangan saluran cerna serta aktivitas enzim yang memadai pada umur tersebut. Pada umur 20 hari setelah menetas, kehadiran kelenjar lambung dan pilorik kaeka sudah terlihat (Quinitio and Castor-Sa-an, 2008), serta aktivitas enzim protease mencapai puncak pada umur 25 hari setelah menetas, enzim amilase mencapai puncak pada umur 15 hari setelah

menetas dan enzim lipase mencapai puncak pada umur 25 hari setelah menetas (Kamaruddin and Lante, 2015).

Hasil percobaan Thompson (2019) pada larva ikan pigfish *Orthopristis chrysoptera* (L.), melaporkan bahwa penggunaan pakan buatan dapat dilakukan pada umur 32-43 DPH. Agar lebih praktis, dianjurkan penggunaan pakan buatan pada umur 32 DPH (11,7 mm SL, 24°C) mengingat perlakuan ini tidak mengganggu kelangsungan hidup larva. Hasil yang berbeda (berbanding terbalik) jika penggunaan pakan buatan dilakukan pada umur 24 DPH. Memberi hasil yang buruk bagi kelangsungan hidupnya, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa umur 24 DPH larva belum siap menerima pakan buatan.

Sedangkan hasil percobaan (Hamre, Erstad and Harboe, 2019) pada larva *Hippoglossus hippoglossus*, penggunaan pakan buatan efektif dilakukan pada hari ke-28 setelah menetas, dengan memperlihatkan respons larva yang baik dalam hal kelangsungan hidupnya mencapai 100%. Peneliti menduga bahwa perkembangan saluran cerna berbanding lurus dengan pertambahan umur larva dan menyarankan agar dilakukan penelitian lanjutan terutama pada respons pertumbuhan, kelangsungan hidup dan kualitas larva yang diberi pakan buatan lebih awal. Waktu *weaning* beberapa spesies dalam jurnal yang ditulis oleh (Parma *et al.*, 2013) ditampilkan pada Tabel 3, sebagai berikut:

Tabel 6. 1. *Weaning* beberapa spesies ikan

Spesies	Suhu	MW	LWW	SR (%)	Referensi
<i>Paralichthys lethostigma</i>	18,5±0,5	12	17	33	Faulk dan Holt 2009
<i>Diplodus sargus</i>	18,6±1,1	28	5	97	Guerreiro <i>et al.</i> 2010
<i>Later calcarifer</i>	26,6±0,3	20	8	64	Curnow <i>et al.</i> 2006
<i>Latris lineate</i>	16,1±0,1	40	10-15	80	Choa <i>et al.</i> 2010

Spesies	Suhu	MW	LWW	SR (%)	Referensi
<i>Psetta maxima</i>	18,1	30	10	80-90	Mahious <i>et al.</i> 2006
<i>Gadus morhua</i>	11±1	41	5	16-20	Harboe <i>et al.</i> 2009
<i>Paralichthys californicus</i>	21±1	46	4	40	Muguet <i>et al.</i> 2011
<i>Sander lucioperca</i>	21,2±23,0	19	4	52	Kestemont <i>et al.</i> 2007
<i>Sparus aurata</i>	18,6±0,4	15	25	10	Gisbert <i>et al.</i> 2012
<i>Acipenser baeri</i>	16,0	15	25	75	Hamlin <i>et al.</i> 2006
<i>Solea senelegensis</i>	21,0	63	5	28	Engrola <i>et al.</i> 2007
<i>Solea solea</i>	18,0	10	17	55	Bonaldo <i>et al.</i> 2011
<i>Chelon labrosus</i>	20-24	23	10	24	Khemis <i>et al.</i> 2006
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	10-11	42	10	65	Hamlin dan Kling 2001
Keterangan: MW: mulai <i>weaning</i> , LWW: lama waktu <i>weaning</i> , SR: <i>survival rate</i> atau kelangsungan hidup					

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Larva ikan merupakan organisme yang memiliki kekhasan dan keunikan tersendiri, yakni memiliki saluran cerna yang sederhana menyerupai tabung dan mengalami perkembangan yang dipengaruhi oleh waktu. Seiring dengan penambahan waktu (umur), terjadi perubahan bentuk tubuh dan ukuran tubuh serta aktivitas enzim pencernaan aktif pada waktu tertentu.

Pengetahuan tentang morfologi larva ikan dapat menjadi dasar acuan penanganan larva ikan pada panti pembenihan, dengan prospek di masa mendatang yakni memperoleh larva ikan yang banyak (kuantitas) dan berkualitas tinggi.

Pencapaian tersebut dapat menjadi pondasi ketahanan pangan dari pemenuhan protein nabati, dan tidak menutup kemungkinan menjadi landasan pada penentuan kebijakan ketahanan pangan sebuah wilayah bahkan suatu negara.

7.2 Saran

Penulis berharap tulisan ini menjadi bacaan yang menarik bagi masyarakat perikanan pada umumnya dan bagi pelaku usaha pembenihan secara khusus. Dapat menjadi acuan untuk mengenal lebih dalam mengenai larva ikan, dan selanjutnya teknik penanganan larva ikan dapat dikembangkan menjadi lebih baik, sehingga dapat diperoleh kelangsungan hidup larva ikan menjadi lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adenan, N.S., Yusoff, F.M. and Shariff, M. (2013) 'Fisheries and Aquatic Science', *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 8(2), pp. 397–404.
- Afitah *et al.* (2020) 'Strategi Adaptasi Retina Mata Hewan Nokturnal Terhadap Kemampuannya Melihat dalam Gelap', *Nectar: Jurnal Pendidikan Biologi*, 1(2), pp. 14–20.
- Aidil, D., Zulfahmi, I. and Muliari (2016) 'Pengaruh Suhu Terhadap Derajat Penetasan Telur dan Perkembangan Larva Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* var. sangkuriang)', *JESBIO*, V(1), pp. 30–33.
- Akande, M.G. and Ahmed, U.S. (2017) 'Taurine abated subacute dichlorvos toxicity', *Toxicology Reports*, 4, pp. 463–466. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.08.001>.
- Alfian, M., Herliwati, H. and Olga, O. (2022) 'Suplementasi Artemia sp dan Daphnia sp untuk Pertumbuhan dan Sintasan Larva Ikan Papuyu (*Anabas testudineus*)', *Fish Scientiae*, 12(1), pp. 32–41. Available at: <https://doi.org/10.20527/fishscientiae.v12i1.187>.
- Amar, E.C. (2001) 'Influence of various dietary synthetic carotenoids on bio-defence mechanisms in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)', *Aquaculture Research*, 32(SUPPL. 1), pp. 162–173. Available at: <https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00051.x>.
- Anggraeni, A., Utami, E. and Mahardika, R.G. (2022) 'Pengaruh Salinitas terhadap Kepadatan Populasi dan Konsentrasi Klorofil-a Spirulina pada Media Kultur Modifikasi Walne dan Air Limbah Budidaya Ikan', *EKOTONIA: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi dan Mikrobiologi*, 7(2), pp. 112–120. Available at: <https://doi.org/10.33019/ekotonia.v7i2.3729>.

- Banthani, G. *et al.* (2019) 'Efektifitas Pemberian Rotifera (*Brachionus rotundiformis*) yang Diperkaya dengan Taurin dan Glutamin Terhadap Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Larva Ikan Kerapu Sunu (*Plectropomus leopardus*)', *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 10(2), pp. 22–27.
- Bavi, Z. *et al.* (2022) 'Effects of Dietary Taurine on Growth, Body Composition, Blood Parameters, and Enzyme Activities of Juvenile Sterlet (*Acipenser ruthenus*)', *Aquaculture Nutrition*, 2022, pp. 1–13. Available at: <https://doi.org/10.1155/2022/1713687>.
- Blecha, M. *et al.* (2016) 'Benefits of hormone treatment of both sexes in semi-artificial reproduction of pikeperch (*Sander lucioperca* L.)', *Czech Journal of Animal Science*, 61(5), pp. 203–208. Available at: <https://doi.org/10.17221/60/2015-CJAS>.
- Budiardi, T. *et al.* (2010) 'Growth Performance and Nutrition Value of *Spirulina* sp. Under Different Photoperiod', *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 9(2), pp. 146–156.
- Campoverde, C. and Estevez, A. (2017) 'The effect of live food enrichment with docosahexaenoic acid (22:6n-3) rich emulsions on growth, survival and fatty acid composition of meagre (*Argyrosomus regius*) larvae', *Aquaculture*, 478(March), pp. 16–24. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.05.012>.
- Chen, M., Liu, H. and Chen, B. (2012) 'Effects of dietary essential fatty acids on reproduction rates of a subtropical calanoid copepod, *Acartia erythraea*', *Marine Ecology Progress Series*, 455, pp. 95–110. Available at: <https://doi.org/10.3354/meps09685>.

- Curnow, J. *et al.* (2006) 'Effects of two commercial microdiets on growth and survival of barramundi (*Lates calcarifer* Bloch) larvae within various early weaning protocols', *Aquaculture Nutrition*, 12(4), pp. 247–255. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2006.00399.x>.
- Cvekl, A. and Wang, W.L. (2009) 'Retinoic Acid Signaling in Mammalian Eye Development', *Experimental Eye Research*, 89, pp. 280–291. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.exer.2009.04.012>.
- Darmawan, J. (2014) 'Population Growth of *Daphnia* sp. in A Culture Media With Waste Water of African Catfish (*Clarias gariepinus*)', *Jurnal Berita Biologi*, 13(1), pp. 57–63.
- Darsiani, D. *et al.* (2022) 'Development of Siganid (*Siganus guttatus*) larvae during the transition period', *Depik*, 11(1), pp. 23–28. Available at: <https://doi.org/10.13170/depik.11.1.22296>.
- Darsiani, D. *et al.* (2023) ' β -carotene effect on golden rabbitfish (*Siganus guttatus*) larvae', *AACL Bioflux*, 16(5), pp. 2698–2707.
- Darsiani, Karim, M.Y. and Trijuno, D.D. (2017) 'Respon Tingkat Kerja Osmotik dan Pertumbuhan Populasi Kopepoda Sikloid *Oithona* sp. pada berbagai Salinitas', *Jurnal Saintek Peternakan Dan Perikanan*, 1(1), pp. 54–65.
- Dong, J.F., Zheng, X.Q. and Rui, H.B. (2017) 'Effect of taurine on immune function in mice with T-cell lymphoma during chemotherapy', *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 10(11), pp. 1090–1094. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2017.10.014>.
- Duray, M.N. (1998) *Biology and culture of siganids*.

- Duray, M.N. and Juario, J. V (1988) 'BROODSTOCK MANAGEMENT AND SEED PRODUCTION OF THE RABBITFISH SIGANUS GUTTATUS (BLOCH) AND THE SEA BASS LATES CALCARIFER (BLOCH)', *SEAFDEC/ AQD Institutional Repository (SAIR)*, pp. 195–210. Available at: <http://hdl.handle.net/10862/131%5Cnhttp://repository.seafdec.org.ph>.
- El-Sayed, A.F.M. (2014) 'Is dietary taurine supplementation beneficial for farmed fish and shrimp? A comprehensive review', *Reviews in Aquaculture*, 2014(6), pp. 241–255. Available at: <https://doi.org/10.1111/raq.12042>.
- Fakhri, M. *et al.* (2017) 'Growth, biomass, and Chlorophyll-a and Carotenoid Content of Nannochloropsis sp. Strain BJ17 Under Different Light Intensities', *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 16(1), pp. 15–21. Available at: <https://doi.org/10.19027/jai.16.1.15-21>.
- Faulk, C.K. and Holt, G.J. (2009) 'Early weaning of southern flounder, *Paralichthys lethostigma*, larvae and ontogeny of selected digestive enzymes', *Aquaculture*, 296(3–4), pp. 213–218. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.08.013>.
- Fernández-Pardo, A. *et al.* (2016) 'Use of response surface methodology to determine optimum diets for *Venerupis corrugata* larvae: Effects of ration and microalgal assemblages', *Aquaculture*, 452, pp. 283–290. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.11.005>.
- Fiolita, K., Razak, A. and Novriyanti, E. (2017) 'An Overview of The Eye Component (Iris, Lens and Retina) From Mackerel Female (*Rastrelliger brachysoma*)', *BioScience*, 1(1), pp. 30–36. Available at: <https://doi.org/10.24036/02017117189-0-00>.

- Fuad *et al.* (2020) 'Physiological Response of The Eye Yellow-Striped Scad (*Selaroides leptolepis*) and Short Mackerel (*Rastreliger brachysoma*) to The Colour of Light', *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1), pp. 277–288.
- Fujaya, Y. (2008) *Fisiologi Ikan_Dasar Pengembangan Teknik Perikanan*.
- Gisbert, E. *et al.* (2009) 'Development of digestive enzymes in common dentex *Dentex dentex* during early ontogeny', *Aquaculture*, 287(3–4), pp. 381–387. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.10.039>.
- Gisbert, E. *et al.* (2014) 'Histological Development of The Digestive System of The Amazonian Pimelodid Catfish *Pseudoplatystoma punctifer*', *Animal*, 8(11), pp. 1765–1776. Available at: <https://doi.org/10.1017/S1751731114001797>.
- Gomes, A.S. *et al.* (2014) 'Functional modifications associated with gastrointestinal tract organogenesis during metamorphosis in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*)', *BMC Developmental Biology*, 14(11), pp. 1–16. Available at: <https://doi.org/10.1186/1471-213X-14-11>.
- Gusrina (2008) *Budidaya Ikan Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Hamre, K. (2016) 'Nutrient profiles of rotifers (*Brachionus* sp.) and rotifer diets from four different marine fish hatcheries', *Aquaculture*, 450, pp. 136–142. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.07.016>.
- Hamre, K., Erstad, B. and Harboe, T. (2019) 'Early weaning of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) larvae', *Aquaculture*, 502(June 2018), pp. 268–271. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.060>.

- Hara, S., Kohno, H. and Taki, Y. (1986) 'Spawning behavior and early life history of the rabbitfish, *Siganus guttatus*, in the laboratory', *Aquaculture*, 59(3-4), pp. 273-285. Available at: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(86\)90009-8](https://doi.org/10.1016/0044-8486(86)90009-8).
- Harefa, L.A., Afriani, D.T. and Manullang, H.M. (2022) 'Efektivitas Penggunaan Jenis Garam dan Salinitas yang Berbeda Terhadap Daya Tetas *Artemia Salina*', *Jurnal Aquaculture Indonesia*, 1(2), pp. 58-66. Available at: <https://doi.org/10.46576/jai.v1i2.1990>.
- Haryati (2002) *Respon Larva Ikan Bandeng (Chanos chanos Forskal) terhadap Pakan Buatan dalam Sistem Pembenihan*.
- Haryati (2021) *Kebutuhan Nutrisi Induk dan Larva Ikan*. 1st edn. Yogyakarta: Penerbit Deepublish.
- Hekimoğlu, M.A. *et al.* (2017) 'Hekimoğlu et al 2017.pdf', *Pakistan J. Zool*, 49(2), pp. 663-668.
- Hendra, Hasan, H. and Farida (2014) 'Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Larva Ikan Tengadak yang Diberi *Brachionus* sp Diperkaya Wortel Sebagai Sumber Beta Karoten', *Jurnal Ruaya*, 4, pp. 9-13.
- Hernandez, C. *et al.* (2018) 'Effects of Different Commercial Feeds and Enrichments on Biochemical Composition and Fatty Acid Profile of Rotifer (*Brachionus plicatilis*, Müller 1786) and *Artemia Franciscana*', *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18, pp. 1227-1233. Available at: <https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18>.
- Hia, A.J., Siswoyo, B.H. and Syafitri, E. (2022) 'Kombinasi Kol, EM4 dan Kulit Pisang terhadap Tingkat Populasi Kutu Air (*Daphnia* sp.)', *Jurnal Aquaculture Indonesia*, 1(2), pp. 67-74. Available at: <https://doi.org/10.46576/jai.v1i2.2004>.
- Hoseinifar, S.H., Dadar, M. and Ringø, E. (2017) 'Modulation of nutrient digestibility and digestive enzyme activities in aquatic animals: The functional feed additives scenario', *Aquaculture Research*, 48(8), pp. 3987-4000. Available at: <https://doi.org/10.1111/are.13368>.

- Insanni, L.P., Sucahyo, S. and Cahyaningrum, D.C. (2022) 'Pengaruh Konsentrasi Probiotik Terhadap Kepadatan dan Komposisi Infusoria yang Ditumbuhkan pada Substrat Daun Pisang (*Musa paradisiaca*)', *Jurnal Ilmiah Sains*, 22(2), pp. 87–95. Available at: <https://doi.org/10.35799/jis.v22i2.39785>.
- Al Ishaqi, A.M. and Sari, P.D.W. (2019) 'The Spawning of Koi (*Cyprinus carpio*) using Semi-Artificial Method: The Observation of Fecundity, Fertilization Rate and Hatching Rate', *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 9(2), p. 216. Available at: <https://doi.org/10.33512/jpk.v9i2.6862>.
- Ismi, S. *et al.* (2018) 'Perkembangan Morfologi dan Perilaku Larva Ikan Kerapu Hibrida Cantik Pada Produksi Massal', *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(2), pp. 431–440. Available at: <https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i2.21825>.
- Izquierdo, M. *et al.* (2019) 'Interaction Between Taurine, Vitamin E and Vitamin C in Microdiets for Gilthead Seabream (*Sparus aurata*) Larvae', *Aquaculture*, 498, pp. 246–253. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.010>.
- Jaikumar, M. (2012) 'a Review on Biology and Aquaculture Potential of Rabbit Fish in Tamilnadu (*Siganus Canaliculatus*)', *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 2(2), pp. 57–64. Available at: www.ijpaes.com.
- Jakaria, M. *et al.* (2019) 'Taurin and its Analogs in Neurological Disorders: Focus on Therapeutic Potential and Molecular Mechanisms', *Redox Biology*, 24, pp. 1–15. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.redox.2019.101223>.
- Juario, J. V *et al.* (1985) 'Breeding and larval rearing of the rabbitfish', *Science*, 44(2), pp. 91–101.

- Jusadi, Dedi *et al.* (2012) 'Aplikasi Pemberian Taurin pada Rotifer untuk Pakan Larva Ikan Kerapu Bebek *Cromileptes altivelis*', *Jurnal Iktiologi ...*, 12(1), pp. 73–82. Available at: <http://jurnal-iktiologi.org/index.php/jii/article/view/131>.
- Jusadi, D *et al.* (2012) 'Aplikasi pemberian taurin pada rotifer untuk pakan larva ikan kerapu bebek *Cromileptes altivelis* [The application of rotifers enriched with taurine for larvae of ...]', *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 12(1), pp. 73–82. Available at: <http://jurnal-iktiologi.org/index.php/jii/article/view/131>.
- Jusadi, D. *et al.* (2015) 'Free Amino Acid Enriched Rotifer for Larval Grouper *Cromileptes altivelis* (Pengkayaan Rotifer dengan Asam Amino Bebas Untuk Larva Kerapu Bebek *Cromileptes altivelis*)', *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 20(4), p. 207. Available at: <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.20.4.207-214>.
- Kaligis, E.Y. (2015) 'Kualitas Air dan Pertumbuhan Populasi Rotifera *Brachionus rotundiformis* Strain Tumpaan pada Pakan Berbeda', *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi*, 2(2), pp. 42–48.
- Kamaruddin, U. and Lante, S. (2015) 'Digestive Enzyme Activity of Protease, α -Amylase, and Lipase of Rabbitfish (*Siganus guttatus*) Larvae', in *Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*, pp. 401–407. Available at: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/fita/article/view/1684/1316>.
- Kotzamanis, Y. *et al.* (2020) 'High Taurine Supplementation in Plant Protein-Based Diets Improves Growth and Organoleptic Characteristics of European Seabass (*Dicentrarchus labrax*)', *Scientific Reports*, 10(12294), pp. 1–13. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69014-x>.

- Laili, N.A., Istyadji, M. and Yulinda, R. (2022) 'Pengaruh Campuran Pakan Alami (*Artemia* dan Kuning Telur Bebek) Terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Larva Ikan Koi (*Cyprinus carpio*)', *JUSTER : Jurnal Sains dan Terapan*, 1(3), pp. 143–149. Available at: <https://doi.org/10.57218/juster.v1i3.367>.
- Lante, S. and Muslimin, M. (2012) 'Pengaruh Padat Tebar terhadap Sintasan dan Pertumbuhan Larva Ikan Baronang *Siganus guttatus* Hasil Pembenihan.', *Seminar Nasional Kelautan VIII, "Pengelolaan Sumberdaya Kelautan Berbasis IPTEKS untuk Kemakmuran Bangsa"* - Google Search Surabaya, pp. 1–6. Available at: [https://www.google.com/search?newwindow=1&sxsrf=AQ- WBvdURa4Sjp8iWLuhiZ34iLBNfxIRA:1644893032871&q=Pengaruh+Padat+Tebar+terhadap+Sintasan+dan+Pertumbuhan+Larva+Ikan+Baronang+Siganus+guttatus+Hasil+Pembenihan.+Seminar+Nasional+Kelautan+VIII,+\"Pengelolaan+S.](https://www.google.com/search?newwindow=1&sxsrf=AQ- WBvdURa4Sjp8iWLuhiZ34iLBNfxIRA:1644893032871&q=Pengaruh+Padat+Tebar+terhadap+Sintasan+dan+Pertumbuhan+Larva+Ikan+Baronang+Siganus+guttatus+Hasil+Pembenihan.+Seminar+Nasional+Kelautan+VIII,+\)
- Li, S. *et al.* (2017) 'Activities of digestive enzymes and histology of digestive system during larval development of devil stinger (*Inimicus japonicus*)', *Aquaculture Research*, pp. 1–8. Available at: <https://doi.org/10.1111/are.13353>.
- Liu, C. *et al.* (2022) 'The Anti-Stress Effect of Taurine in Fish: Assessments Based on Repeat Acute Stress and Animal Individuality', *Aquaculture*, 561, pp. 1–11. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738685>.
- Lombardini, J.B. (1983) 'Effects of ATP and Taurine on Calcium Uptake by Membrane Preparations of the Rat Retina', *Journal of Neurochemistry*, 40(2), pp. 402–406. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1471-4159.1983.tb11296.x>.
- Lombardini, J.B. (1991) 'Taurine: retinal function', *Brain Research Reviews*, 16, pp. 151–169. Available at: [https://doi.org/10.1016/0165-0173\(91\)90003-Q](https://doi.org/10.1016/0165-0173(91)90003-Q).

- Lund, I. *et al.* (2008) 'The influence of dietary concentrations of arachidonic acid and eicosapentaenoic acid at various stages of larval ontogeny on eye migration, pigmentation and prostaglandin content of common sole larvae (*Solea solea* L.)', *Aquaculture*, 276(1–4), pp. 143–153. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.01.004>.
- Madiara, F. *et al.* (2019) 'Peningkatan Kualitas Warna Pada Ikan Maskoki Karena Penambahan Tepung Labu Kuning Terhadap Pakan Buatan', *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, III(1), pp. 17–22.
- Marcinkiewicz, J. and Kontny, E. (2012) 'Taurine and Inflammatory Diseases', *Amino Acids*, pp. 1–15. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00726-012-1361-4>.
- McBean, G.J. *et al.* (2015) 'Thiol redox homeostasis in neurodegenerative disease', *Redox Biology*, 5, pp. 186–194. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.redox.2015.04.004>.
- McBean, G.J. (2017) 'Cysteine, glutathione, and thiol redox balance in astrocytes', *Antioxidants*, 6(62), pp. 1–13. Available at: <https://doi.org/10.3390/antiox6030062>.
- Medina, P. *et al.* (2019) 'Involvement of The Retinoic Acid Signaling Pathway in Sex Differentiation and Pubertal Development in The European sea bass *Dicentrarchus labrax*', *Heliyon*, 5(2), pp. 1–30. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01201>.
- Mezzomo, N.J. *et al.* (2019) 'Taurine Modulates The Stress Response in Zebrafish', *Hormones and Behavior*, 109(January), pp. 44–52. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2019.02.006>.
- Milione, M. and Zeng, C. (2007) 'The effects of algal diets on population growth and egg hatching success of the tropical calanoid copepod, *Acartia sinjiensis*', *Aquaculture*, 273, pp. 656–664. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.07.014>.

- Militante, J.D. and Lombardini, J.B. (2002) 'Taurine: Evidence of physiological function in the retina', *Nutritional Neuroscience*, 5(2), pp. 75–90. Available at: <https://doi.org/10.1080/10284150290018991>.
- Minerva Garcia-Chavarria and Lara-Flores, M. (2013) 'The use of carotenoid in aquaculture', *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*, 8(2), pp. 38–49.
- Miranti, F., Muslim and Yulisman (2017) 'Growth and Survival of Climbing Perch (*Anabas testudineus*) Larvae with Different Photoperiod', *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 5(1), pp. 33–44.
- Morris, J.G. (2002) 'Idiosyncratic nutrient requirements of cats appear to be diet-induced evolutionary adaptations', *Nutrition Research Reviews*, 15, pp. 153–168. Available at: <https://doi.org/10.1079/nrr200238>.
- Muhammad, I.F.N., Afriani, D.T. and Hasan, U. (2022) 'Pemberian Kombinasi Pakan Ekstrak Bayam dan Ekstrak Kangkung pada Media Kultur Infusoria terhadap Kepadatan Populasi dan Indeks Keragamannya', *Jurnal Aquaculture Indonesia*, 2(1), pp. 15–27. Available at: <https://doi.org/10.46576/jai.v2i1.2049>.
- Mulyadi, Hernawati, T. and Nurhaman, U. (2021) 'New Record and Diversity of Copepoda in Coastal and Mangrove Area of Panaitan Island, Ujung Kulon National Park, Banten', *Zoo Indonesia*, 30(1), pp. 10–20.
- Nufus, H., Karina, S. and Agustina, S. (2017) 'Analisis Sebaran Klorofil-A dan Kualitas Air Di Sungai Krueng Raba Lhoknga, Aceh Besar', 2, pp. 58–65.
- Oktaviani, H., Kariada, N. and Utami, N.R. (2012) 'Pengaruh Pengasinan Terhadap Kandungan Zat Gizi Telur Bebek yang Diberi Limbah Udang', *Unnes Journal of Life Science*, 1(2), pp. 106–112. Available at: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/UnnesJLifeSci>.

- Pangkey, H. (2009) 'Daphnia dan Penggunaannya', *Perikanan dan Kelautan*, 5(3), pp. 33–36.
- Parma, L. *et al.* (2013) 'Different Early Weaning Protocols in Common Sole (*Solea solea* L.) Larvae: Implications on The Performances and Molecular Ontogeny of Digestive Enzyme Precursors', *Aquaculture*, 414–415, pp. 26–35. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.07.043>.
- Pinto, W. *et al.* (2016) 'Can Senegalese sole Post-Larvae Effectively Grow on Low Dietary DHA and Lipid Levels During Weaning?', *Aquaculture*, 463, pp. 234–240. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.05.027>.
- Pratama, R., Hasan, U. and Manullang, H.M. (2022) 'Pengaruh Pemberian Pakan Alami Cacing Tanah, Maggot, Jentik Nyamuk dan Daphnia terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Mas Koi (*Cyprinus rubrofuscus*)', *Jurnal Aquaculture Indonesia*, 2(1), pp. 60–72. Available at: <https://doi.org/10.46576/jai.v2i1.2070>.
- Puspitasari, R. (2017) 'Pengembangan *Nitzschia* sp. Sebagai Biota Uji Sedimen', *Oseana*, 42(1), pp. 28–35. Available at: <https://doi.org/10.14203/oseana.2017.vol.42no.1.36>.
- Qian, J. *et al.* (2021) 'Effects of Taurine Supplementation in a High-Carbohydrate Diet on Growth Performance, Plasma Biochemical, Digestive and Glucose Metabolism Enzymes in Hybrid Grouper (♀ *Epinephelus fuscoguttatus* × ♂ *E. lanceolatus*)', *Aquaculture Reports*, 21, pp. 1–14. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100820>.
- Quinitio, G.F. and Castor-Sa-an, A. (2008) 'Development of the Gastrointestinal Tract and Associated Organs of The Rabbitfish *Siganus guttatus* (Bloch) Larvae', *UPV J. Nat. Sci*, 13, pp. 133–148. Available at: <https://doi.org/10.1007/9781107375338>.
- Rahardjo, M.F. (2020) 'Various Fin of Fish', *Warta Iktiologi*, 4(2), pp. 1–9.

- Rehberg-Haas, S. *et al.* (2015) 'Use of the microalga *Pavlova viridis* as enrichment product for the feeding of Atlantic cod larvae (*Gadus morhua*)', *Aquaculture*, 438, pp. 141–150. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.01.011>.
- Ridwan, T. (2002) *Pengaruh Pemberian Rotifera Brachionus rotundiformis yang Diperkaya dengan b-Karoten terhadap Laju Pemangsaan dan Kelangsungan Hidup Larva Bandeng Chanos chanis Forks*.
- Rimper, J.R.T.S., Harikedua, S.D. and Warouw, V. (2019) 'The size variation of rotifer *Brachionus rotundiformis* cultivated with different feed at 40 ppt salinity', *Aquatic Science & Management*, 7(1), pp. 26–29. Available at: <https://doi.org/10.35800/jasm.7.1.2019.25043>.
- Rizky, P.N.H. *et al.* (2023) 'Peningkatan Pigmen Warna dan Pertumbuhan Ikan Koi (*Cyprinus carpio*) Melalui Pengkayaan Sumber Karotenoid Tepung Spirulina', *Jurnal Perikanan Pantura*, 6(1), pp. 261–268. Available at: <http://journal.umg.ac.id/index.php/jpp/article/view/4620%0Ahttp://journal.umg.ac.id/index.php/jpp/article/download/4620/3100>.
- Rosid, M.M., Anggraini Yusanti, I. and Mutiara, D. (2019) 'Tingkat Pertumbuhan dan Kecerahan Warna Ikan Komet (*Carassius auratus*) dengan Penambahan Konsentrasi Tepung Spirulina sp. pada Pakan', *Jurnal Ilmu-Ilmu Perikanan dan Budidaya Perairan*, 14(1), pp. 37–45. Available at: <https://doi.org/10.31851/jipbp.v14i1.3368>.
- Salem, A.M. *et al.* (2018) 'Effect of weaning time on growth, body composition, fatty acids and digestive enzyme activities of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) larvae', *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 22(5), pp. 219–230. Available at: <https://doi.org/10.21608/ejabf.2018.19521>.

- Salsabila, G., Suminto, S. and Nugroho, R.A. (2019) 'Pengaruh Pengkayaan *Brachionus rotundiformis* dengan Dosis Vitamin (B1, B6, B12 dan Vitamin C) Berbeda dalam Feeding Regimes Terhadap Kelulushidupan dan Pertumbuhan Larva Bandeng (*Chanos chanos*)', *Sains Akuakultur Tropis*, 3(2), pp. 11–20. Available at: <https://doi.org/10.14710/sat.v3i2.3363>.
- Sari, A.N., Hidayati, S. and Muhtahidah, T. (2022) 'Pemanfaatan Pupuk Kandang untuk Budidaya *Daphnia* sp. sebagai Pakan Alami Ikan Lele (*Clarias* sp.)', *Jurnal KASTARA_Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), pp. 34–38. Available at: <https://jurnal.untidar.ac.id/index.php/kastaraJl.KaptenSu-parmanNo.39MagelangTelp>.
- Schaffer, S. and Kim, H.W. (2018) 'Effects and mechanisms of taurine as a therapeutic agent', *Biomolecules and Therapeutics*, 26(3), pp. 225–241. Available at: <https://doi.org/10.4062/biomolther.2017.251>.
- Schaffer, S., Takahashi, K. and Azuma, J. (2000) 'Role of osmoregulation in the actions of taurine', *Amino Acids*, 19(3–4), pp. 527–546. Available at: <https://doi.org/10.1007/s007260070004>.
- Sedjati, S. *et al.* (2022) 'Bioenkapsulasi Naupli *Artemia* dengan *Spirulina* sp. dan Resistensinya terhadap Bakteri *Vibrio* spp.', *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(1), pp. 79–86. Available at: <https://doi.org/10.14710/jkt.v25i1.12763>.
- Setiawan, H., Idiawati, N. and Helena, S. (2022) 'Komposisi dan Struktur Komunitas Copepoda Di Estuari Desa Mendalok Kabupaten Mempawah Kalimantan Barat', *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 5(2), pp. 89–97. Available at: <https://doi.org/10.26418/lkuntan.v5i2.49043>.

- Setiawati, M., Putri, D. and Jusadi, D. (2015) 'Survival and growth of catfish *Pangasionodon* sp. larvae fed on vitamin C-enriched *Artemia*', *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 12(2), p. 136. Available at: <https://doi.org/10.19027/jai.12.136-143>.
- Shaheen, T. *et al.* (2011) 'Induced Spawning and Larval Rearing of *Cyprinus carpio* on Three Different Feeds', *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11(3), pp. 469–427. Available at: https://doi.org/10.4194/1303-2712-v11_3_17.
- Slembrouck, J. *et al.* (2005) *Pemijahan Buatan*.
- Sudaryono, A. and Kusdiyantini, E. (2005) 'Potensi Senyawa Bioaktif Karotenoid Silase Ikan dari Berbagai Produk Perikanan Laut Untuk Pakan Akuakultur', *Aquacultura Indonesiana*, 6(3), pp. 109–1113.
- Sun, Y. *et al.* (2023) 'Dietary Taurine Intake Affects the Growth Performance, Lipid Composition, and Antioxidant Defense of Juvenile Ivory Shell (*Babylonia areolata*)', *Animals*, 13(2592), pp. 1–15. Available at: <https://doi.org/10.3390/ani13162592>.
- Swari, I.Y.I., Rahardja, B.S. and Prayogo (2019) 'Pengaruh Kombinasi Ragi Roti dan *Chlorella* sp. terhadap Pertambahan Populasi dan Kandungan Protein *Brachionus plicatilis*', *Journal of Marine and Coastal Science*, 8(1), pp. 26–37. Available at: <http://repository.unair.ac.id/id/eprint/60029>.
- Tachibana, K. *et al.* (1997) 'Effects of feeding of β -carotene-supplemented rotifers on survival and lymphocyte proliferation reaction of fish larvae (Japanese parrotfish (*Oplegnathus fasciatus*) and spotted parrotfish (*Oplegnathus punctatus*)): Preliminary trials', *Hydrobiologia*, 358, pp. 313–316. Available at: <https://doi.org/10.1023/A:1003189020623>.

- Terpstra, A.H.M. (2015) *The Role of Carotenoids in Coloring Fish*, *De Piscium Colore Carotenoidibus*.
- Warastuti, S. *et al.* (2022) 'Penambahan Beta-Karoten Alami pada Pakan Terhadap Performa Ikan Maru (*Channa maruloides*)', *Samakia : Jurnal Ilmu Perikanan*, 13(1), pp. 81–89. Available at: <https://doi.org/10.35316/jsapi.v13i1.1459>.
- Wardana, R.E., Syafitri, E. and Manullang, H.M. (2022) 'Pengaruh Pemberian Debok Pisang dan Ekstrak Kacang Panjang dengan Dosis yang Berbeda Serta Kombinasinya Terhadap Kepadatan dan Indeks Keanekaragaman Kultur Infusoria', *Jurnal Aquaculture Indonesia*, 2(1), pp. 1–14. Available at: <https://doi.org/10.46576/jai.v2i1.2048>.
- Warouw, V. (2010) 'MEMAKSIMALKAN POTENSI DORMANSI PADA ROTIFER *Brachionus rotundiformis* MELALUI MATING EKSPERIMEN', *Jurnal Perikanan Dan Kelautan Tropis*, 6(1), p. 31. Available at: <https://doi.org/10.35800/jpkt.6.1.2010.114>.
- Watanabe, M., Ito, T. and Fukuda, A. (2022) 'Effects of Taurine Depletion on Body Weight and Mouse Behavior during Development', *Metabolites*, 12(631), pp. 1–13. Available at: <https://doi.org/10.3390/metabo12070631>.
- Wei, Y. *et al.* (2020) 'Taurine Requirement and Metabolism Response of Tiger Puffer *Takifugu rubripes* to Graded Taurine Supplementation', *Aquaculture*, 524, pp. 1–9. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735237>.
- Widawati, D., Santosa, G.W. and Yudiati, E. (2022) 'Pengaruh Pertumbuhan *Spirulina platensis* terhadap Kandungan Pigmen beda Salinitas', *Journal of Marine Research*, 11(1), pp. 61–70. Available at: <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i1.30096>.

- Widomska, J. and Subczynski, W.K. (2019) 'Mechanisms enhancing the protective functions of macular xanthophylls in the retina during oxidative stress', *Experimental Eye Research*, 178(April), pp. 238–246. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.exer.2018.06.012>.
- Widyaningsih *et al.* (2008) 'Kandungan Nutrisi Spirulina Plantesis yang Dikultur pada Media yang Berbeda', *Jurnal Ilmu Kelautan*, pp. 167–170.
- Winterhalter, P. and Ebeler, S.E. (2013) *Carotenoid Cleavage Products*.
- Yuatiati, A., Herawati, T. and Nurhayati, A. (2015) 'Potensi Fitoplankton sebagai Sumber Daya Pakan pada Pemeliharaan Larva Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) di BBP BAT Sukabumi', *Dharmakarya: Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat*, 4(1), pp. 1–3.
- Yúfera, M. *et al.* (2014) 'Organogenesis of Digestive System, Visual System and Other Structures in Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) Larvae Reared with Copepods in Mesocosm System', *Aquaculture*, 426–427, pp. 126–137. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.01.031>.
- Yunarsa, I.P.P.A. and Adiatmika, I.P.G. (2018) 'Kadar Antioksidan Superoksida Dismutase (SOD) Hati Tikus pada Aktivitas Fisik Berat', *E-Jurnal Medika Udayana*, 7(4), pp. 143–147.
- Zambonino Infante, J.L. and Cahu, C.L. (2001) 'Ontogeny of the gastrointestinal tract of marine fish larvae', *Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology*, 130(4), pp. 477–487. Available at: [https://doi.org/10.1016/S1532-0456\(01\)00274-5](https://doi.org/10.1016/S1532-0456(01)00274-5).

BIODATA PENULIS



Dr. Darsiani, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi Akuakultur, Jurusan Perikanan,
Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Sulawesi Barat

Penulis lahir di Tangambaru Kabupaten Polewali Mandar, Tanggal 31 Juli 1986. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Akuakultur, Jurusan Perikanan, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Sulawesi Barat. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin pada Tahun 2008. Tahun 2015 menyelesaikan studi jenjang S2 pada Program Studi Ilmu Perikanan, Konsentrasi Budidaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Menyelesaikan jenjang S3, Program Studi Ilmu Akuakultur, Departemen Budidaya Perairan, IPB University pada Tahun 2024.

Penulis diberi kepercayaan mengemban tugas internal fakultas (Ketua GPM_Gugus Penjaminan Mutu) periode Tahun 2024-2028, aktif melakukan penelitian, pengabdian, dan menulis buku serta jurnal hasil penelitian terkait perikanan terkhusus tentang nutrisi dan lingkungan budidaya perairan.

SINOPSIS

Larva ikan merupakan organisme yang memiliki kekhasan dan keunikan tersendiri, yakni memiliki saluran cerna yang sederhana menyerupai tabung dan mengalami perkembangan yang dipengaruhi oleh waktu. Seiring dengan penambahan waktu (umur), terjadi perubahan bentuk tubuh dan ukuran tubuh serta aktivitas enzim pencernaan aktif pada waktu tertentu.

Pengetahuan tentang morfologi larva ikan dapat menjadi dasar acuan penanganan larva ikan pada panti pembenihan, dengan prospek di masa mendatang yakni memperoleh larva ikan yang banyak (kuantitas) dan berkualitas tinggi.

Pencapaian tersebut dapat menjadi pondasi ketahanan pangan dari pemenuhan protein nabati, dan tidak menutup kemungkinan menjadi landasan pada penentuan kebijakan ketahanan pangan sebuah wilayah bahkan suatu negara.