

**PENGARUH PAKAN EKSOGEN AWAL TERHADAP AKTIVITAS ENZIM
PENCERNAAN DAN PERTUMBUHAN LARVA
Epinephelus fuscoguttatus (Forsskal, 1775)**

***THE EFFECTS OF INITIAL EXOGENOUS FEED ON DIGESTIVE ENZYMES ACTIVITY
AND GROWTH OF *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) LARVAE***

Regina Melianawati^{1*} & Rarastoeti Pratiwi²

¹Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan, Buleleng, Bali 81155, Indonesia

²Departemen Biologi Tropika, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada,
Yogyakarta 55281, Indonesia

*E-mail: regina.melnawati@yahoo.com

ABSTRACT

*The initial exogenous feeding is crucial in marine fish larviculture, including tiger grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*). The transition from endogenous to exogenous feed is critical for the survival rate of the early stage of larvae. The exogenous feed can influence digestive enzymes activity and larval growth. This study was aimed to determine the role of initial exogenous feed on digestive enzymes activity and growth in the early stage of tiger grouper larvae. Two treatments tested were feeding larvae with exogenous feed and unfed larvae. The initial exogenous feed given was zooplankton rotifers *Brachionus rotundiformis*. Parameters observed were digestive enzymes activity, including protease, amylase and lipase; absorption of endogenous feed, and larval growth that consisted of total length and body weight. The result indicated that the digestive enzymes activity of unfed larvae were higher than those of fed larvae at 3 days old. Endogenous feed completely absorbed at 3 days old larvae. The total length of larvae was almost similar between the two treatments. In contrast, the body weight of fed larvae tends to be bigger than that of unfed larvae. Based on the results of this study, the initial exogenous feeding influenced digestive enzymes activity and growth of tiger grouper larvae in the early stage.*

Keywords: *digestive enzymes, exogenous feeding, growth, larvae, tiger grouper*

ABSTRAK

Pemberian pakan eksogen awal merupakan hal yang penting dilakukan dalam kegiatan pembenihan ikan laut, termasuk ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*). Peralihan dari pakan endogen ke pakan eksogen merupakan fase kritis bagi kelangsungan hidup larva ikan kerapu macan pada stadia awal. Keberadaan pakan eksogen dapat berpengaruh terhadap aktivitas enzim pencernaan dan pertumbuhan larva. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi peranan pakan eksogen awal terhadap aktivitas enzim pencernaan dan pertumbuhan larva stadia awal. Dua perlakuan yang diujicobakan adalah larva diberi pakan eksogen dan larva tidak diberi pakan eksogen. Pakan eksogen awal yang diberikan berupa zooplankton rotifer *Brachionus rotundiformis*. Parameter yang diamati adalah aktivitas enzim pencernaan yang meliputi protease, amilase dan lipase; penyerapan pakan endogen; dan pertumbuhan larva yang meliputi panjang total dan bobot tubuh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas enzim pencernaan larva umur 3 hari yang tidak diberi pakan awal adalah lebih tinggi dibandingkan dengan larva yang diberi pakan eksogen awal. Pakan endogen habis terserap pada larva umur 3 hari. Panjang total larva pada kedua perlakuan adalah cenderung sama, sedangkan bobot tubuh pada larva yang diberi pakan awal lebih besar dibandingkan yang tidak diberi pakan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian pakan eksogen awal berpengaruh terhadap aktivitas enzim pencernaan dan pertumbuhan larva ikan kerapu macan pada stadia awal.

Kata kunci: enzim pencernaan, kerapu macan, larva, pakan eksogen, pertumbuhan

I. PENDAHULUAN

Ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) merupakan salah satu jenis komoditas perikanan laut yang banyak terdapat di wilayah perairan Indo-Pasifik dan bernilai ekonomis tinggi (Made, 2017; Rimmer & Glamuzina, 2017). Tingginya permintaan pasar, terutama ekspor, mengakibatkan penangkapan yang berlebih di beberapa daerah (Kurnia *et al.*, 2011; Dewa, 2017), sehingga secara global spesies ikan ini berstatus rentan dalam daftar IUCN (Rhodes *et al.*, 2018). Oleh karenanya, kegiatan pembenihan terhadap jenis ikan kerapu macan ini penting untuk dilaksanakan (Novriadi, 2019).

Kendala yang umum dihadapi dalam kegiatan pembenihan adalah tingginya mortalitas, terutama pada periode kritis yang terjadi pada stadia awal larva. Salah satu faktor yang diduga menjadi penyebab mortalitas tersebut adalah masalah fisiologis larva, terutama yang berkaitan dengan pakan awal dan aktivitas enzim pencernaan. Larva mengalami perubahan sumber pakan, yaitu dari pakan endogen ke pakan eksogen pada periode kritis tersebut. Pemanfaatan atau penyerapan pakan endogen pada ikan kerapu umumnya berlangsung selama 70 hingga 90 jam setelah penetasan (Kohno *et al.*, 1990). Larva selanjutnya memerlukan pakan eksogen berupa pakan alami pada saat pakan endogen yang dibawa telah habis (Kohno *et al.*, 1986; Sulaeman & Fotedar, 2017). Jenis pakan alami yang umum digunakan sebagai pakan eksogen awal dalam pembenihan ikan laut adalah zooplankton rotifer *Brachionus* sp. (Divya *et al.*, 2011; Hamre, 2016).

Masa peralihan sumber pakan merupakan masa kritis bagi kelangsungan hidup larva ikan (Kohno *et al.*, 1986; Sulaeman & Fotedar, 2017; Srithongthum *et al.*, 2020). Hal itu antara lain disebabkan karena sistem pencernaan dan fungsi enzimatis pencernaan larva yang masih sangat sederhana dan belum berkembang secara sempurna (Kurokawa & Suzuki, 1996; Galaviz *et al.*, 2011) sehingga kemampuan

larva untuk mencerna pakan eksogen menjadi sangat terbatas. Enzim pencernaan berperan sebagai biokatalisator pada proses hidrolisis pakan yang dikonsumsi oleh larva, sehingga pakan tersebut menjadi bentuk monomer yang dapat diserap oleh sel tubuh. Aktivitas enzim pencernaan sendiri antara lain dipengaruhi oleh umur (Rangsin *et al.*, 2012; Pranata *et al.*, 2014) dan struktur sistem pencernaan (Gisbert *et al.*, 2009).

Keberadaan enzim pencernaan yang meliputi protease, amilase dan lipase, merupakan indikator biologis terhadap kemampuan larva untuk mencerna pakan eksogen yang masing-masing berperan untuk pencernaan protein, karbohidrat dan lemak. Aktivitas enzim yang tinggi dapat mengindikasikan bahwa secara fisiologis larva telah mampu dalam memproses pakan eksogen (Gawlicka *et al.*, 2000). Oleh karenanya, aktivitas enzim pencernaan dapat menjadi parameter yang penting untuk mengevaluasi pemanfaatan pakan (Hazman & Gökçek, 2014) dan pertumbuhan ikan (Lemieux *et al.*, 1999; Kamarudin *et al.*, 2011).

Sejauh ini, penelitian tentang aktivitas enzim pencernaan lebih banyak bertujuan untuk mengetahui profil enzim yang dikaitkan dengan perkembangan pertumbuhan pada jenis larva tertentu, baik pada ikan (Martinez-Lagos *et al.*, 2013; Suzer *et al.*, 2014; Teles *et al.*, 2019), maupun pada organisme laut lainnya (Johnston *et al.*, 2004; Rotllant *et al.*, 2010; Nihlani & Sukarti, 2017). Akan tetapi, penelitian aktivitas enzim yang dikaitkan dengan pakan eksogen awal masih sangat terbatas. Bahkan, informasi mengenai aktivitas enzim pencernaan yang dikaitkan dengan pemberian pakan eksogen dan pertumbuhan pada larva ikan kerapu macan stadia awal belum diperoleh. Oleh karenanya, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian pakan eksogen awal terhadap aktivitas enzim pencernaan dan pertumbuhan larva ikan kerapu macan pada stadia awal.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi dan Perlakuan Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan (BBRBLPP), Bali. Penelitian dilakukan pada larva umur 1 sampai dengan 3 hari setelah menetas. Perlakuan yang diujikan adalah: larva diberi pakan eksogen (A) dan larva tidak diberi pakan eksogen (B). Pakan eksogen yang diberikan adalah zooplankton rotifer *B. rotundiformis* yang berasal dari hasil kultur di BBRBLPP.

2.2. Pemeliharaan Larva

Pemeliharaan larva dilakukan di *hatchery* di BBRBLPP menggunakan dua buah bak persegi yang masing-masing berkapasitas maksimum 10.000 L. Kepadatan awal larva sekitar 10 ekor/L. Setiap bak dilengkapi dengan sistem aerasi sebagai sumber pasok oksigen terlarut.

Fitoplankton *Nannochloropsis oculata* mulai ditambahkan ke dalam setiap bak pemeliharaan mulai hari ke-2 pagi. Pakan eksogen berupa zooplankton rotifer *B. rotundiformis*, mulai diberikan ke dalam bak pemeliharaan larva perlakuan A pada hari ke-2 sore, dengan kepadatan 5 individu/ml. Sebaliknya, pada bak perlakuan B, tidak diberikan pakan eksogen.

2.3. Sampel Larva

Larva umur 1, 2 dan 3 hari setelah menetas digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini. Sebanyak 500, 300 dan 250 ekor larva pada masing-masing umur tersebut digunakan untuk analisis aktivitas enzim. Larva diambil secara hati-hati, kemudian dicuci dengan *plankton net* bermata jaring 120 μm untuk membersihkan sampel dari kotoran. Sampel kemudian ditempatkan ke dalam tabung mikro volume 2 ml dan ditimbang. Sampel disimpan pada *freezer* dengan suhu $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga dilaksanakan analisis. Disamping itu, pada setiap umur larva juga digunakan 10 ekor larva untuk pengukuran pakan endogen dan panjang total

larva. Pengukuran pakan endogen yang terdiri dari kuning telur dan butir minyak dilakukan berdasarkan Sulaeman & Fotedar (2017), sedangkan pengukuran panjang total larva mengacu pada Kailasam *et al.* (2007).

2.4. Parameter

Parameter yang diamati adalah aktivitas enzim pencernaan yang meliputi protease, amilase dan lipase; penyerapan pakan endogen serta pertumbuhan yang terdiri dari panjang total dan bobot tubuh larva. Analisis aktivitas enzim pencernaan dilakukan di Laboratorium Biologi dan Kimia BBRBLPP, sedangkan pengukuran pakan endogen dan pertumbuhan larva dilakukan di Laboratorium Biologi BBRBLPP.

2.5. Aktivitas Enzim Pencernaan

Ekstraksi sampel dilakukan dalam 1,5 ml *aquabidest* dingin ($4-5\text{ }^{\circ}\text{C}$), selanjutnya, disentrifugasi dengan kecepatan 8.000 rpm pada suhu $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 5 menit. Supernatan hasil sentrifugasi tersebut selanjutnya digunakan untuk analisis. Proses ini mengacu pada Yamin & Palinggi (2007) dengan modifikasi pada penambahan *aquabidest* serta perbedaan kecepatan, suhu dan lama waktu sentrifugasi, yang didasarkan pada hasil uji coba pendahuluan.

Aktivitas protease dianalisis dengan kasein sebagai substrat dan tirosin sebagai standar, sedangkan amilase menggunakan *starch* sebagai substrat dan maltosa sebagai standar (Bergmeyer *et al.*, 1983). Keduanya dianalisis secara spektrofotometri. Aktivitas lipase diukur dengan menggunakan minyak nabati asal kedelai sebagai substrat dan dianalisis secara tirtimetri (Linfield *et al.*, 1984). Kesemua analisis tersebut dilakukan secara *duplo*.

2.6. Volume Pakan Endogen

Pengukuran pakan endogen, yang meliputi kuning telur dan butir minyak, dilakukan secara mikroskopis dengan menggunakan stereoskopis mikroskop

(Olympus SZH) pada pembesaran 30x. Selanjutnya volume kuning telur dan butir minyak dihitung menurut Sulaeman & Fotedar (2017).

2.7. Pertumbuhan Larva

Pengukuran panjang total larva dilakukan dengan stereoskopis mikroskop (Olympus SZH) pada pembesaran 30x yang dilengkapi dengan mikrometer. Panjang total merupakan jarak sepanjang garis tengah tubuh dari ujung bibir ke ujung sirip ekor (Kailasam *et al.*, 2007). Bobot larva diperoleh dari penimbangan 200-500 larva sampel yang juga digunakan untuk pengukuran aktivitas enzim. Penimbangan larva menggunakan timbangan digital (Denver Instrument AA 160) berkapasitas maksimum 10 g dengan ketelitian 10^{-4} g.

2.8. Analisis Data

Data yang ditampilkan merupakan nilai rata-rata \pm standar deviasi. Data disajikan dalam bentuk grafik antara parameter dan umur larva. Data aktivitas enzim dan panjang total larva lebih lanjut dianalisis dengan uji-T untuk menentukan ada tidaknya perbedaan di antara kedua

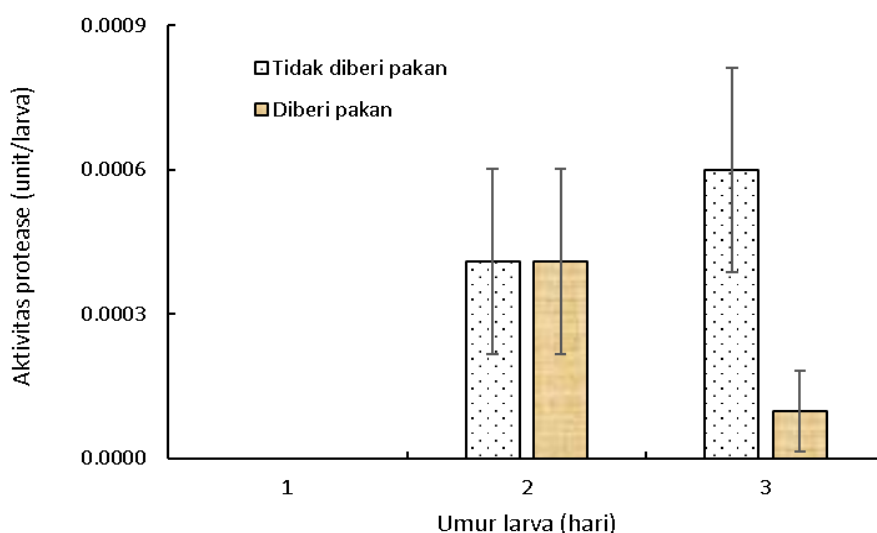
perlakuan yang diujikan, pada tingkat kepercayaan 95%.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

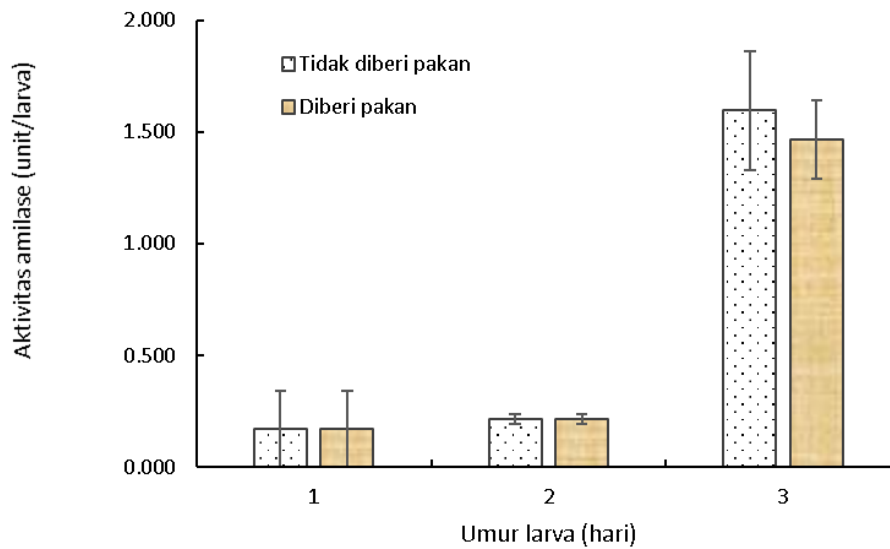
3.1. Aktivitas Enzim Pencernaan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas protease (Gambar 1), amilase (Gambar 2) dan lipase (Gambar 3) pada larva umur 1 dan 2 hari setelah menetas belum menunjukkan adanya perbedaan pada kedua perlakuan. Bahkan aktivitas protease pada larva umur 1 hari masih belum terdeteksi. Perbedaan aktivitas ketiga enzim pencernaan mulai terlihat pada larva umur 3 hari antara larva yang diberi dan yang tidak diberi pakan eksogen. Larva yang tidak diberi pakan eksogen menunjukkan aktivitas enzim yang cenderung lebih tinggi dibandingkan larva yang diberi pakan eksogen, meskipun secara statistik tidak berbeda nyata ($P > 0,05$).

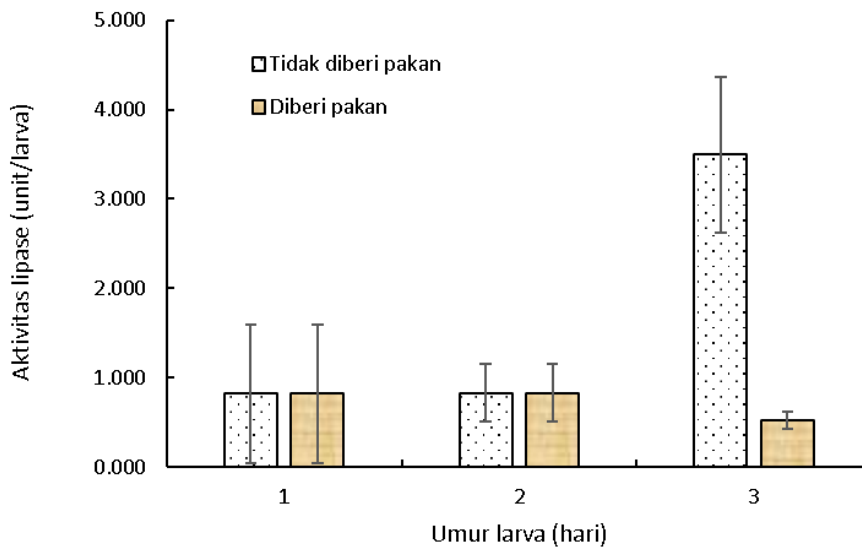
Aktivitas protease, amilase dan lipase pada larva umur 1 dan 2 hari setelah menetas menunjukkan kisaran nilai antara 0,046-1,348 unit/larva (Gambar 1-3). Larva pada umur tersebut masih memanfaatkan pakan endogen sebagai sumber pakannya. Terdeteksinya aktivitas enzim pada larva umur



Gambar 1. Aktivitas protease pada larva ikan kerapu macan umur 1-3 hari yang tidak diberi dan diberi pakan eksogen berupa *Brachionus rotundiformis*. Nilai merupakan rata-rata \pm standar deviasi.



Gambar 2. Aktivitas amilase pada larva ikan kerapu macan umur 1-3 hari yang tidak diberi dan diberi pakan eksogen berupa *Brachionus rotundiformis*. Nilai merupakan rata-rata \pm standar deviasi.



Gambar 3. Aktivitas lipase pada larva ikan kerapu macan umur 1-3 hari yang tidak diberi dan diberi pakan eksogen berupa *Brachionus rotundiformis*. Nilai merupakan rata-rata \pm standar deviasi.

tersebut menunjukkan telah berlangsung proses hidrolisis pakan, yaitu pakan endogen yang berupa kuning telur dan butir minyak, seperti halnya yang dinyatakan oleh Galaviz *et al.* (2011). Keduanya diketahui mengandung komponen utama berupa asam amino bebas dan asam lemak (Farhoudi *et*

al., 2012). Menurut Martinez-Lagos *et al.* (2013), aktivitas lipase yang terdeteksi pada larva umur 1 hari biasanya terkait dengan katabolisme lipid pada kuning telur untuk menyediakan energi bagi pertumbuhan larva yang terjadi sebelum pemberian pakan eksogen dimulai. Tang *et al.* (2020) juga

menyebutkan bahwa terdeteksinya aktivitas protease pada larva umur 1 hari adalah terkait dengan hidrolisis protein pada kuning telur larva sebagai sumber energinya.

Peningkatan aktivitas protease pada larva umur 2 hari sejalan dengan tingginya penyerapan kuning telur. Hal ini terlihat dengan pesatnya pengurangan volume kuning telur yang terjadi antara larva umur 1 dan 2 hari. Aktivitas protease yang terdeteksi tinggi menunjukkan bahwa pada saat itu protease aktif menghidrolisis kuning telur larva. Tingginya aktivitas protease juga diduga karena jenis protease pada tubuh larva spesifik dengan struktur pakan endogen tersebut sehingga proses hidrolisisnya dapat berlangsung cepat.

Sebaliknya, aktivitas amilase relatif sama pada larva umur 1 dan 2 hari. Hal ini disebabkan karena pakan endogen yang dihidrolisis sedikit atau tidak banyak mengandung karbohidrat. Aktivitas lipase pada larva umur 1 dan 2 hari juga terlihat tidak jauh berbeda karena pemanfaatan atau proses hidrolisis butir minyak juga berlangsung lambat. Hal ini terlihat dari volume butir minyak yang tidak jauh berbeda di antara kedua umur larva tersebut (Gambar 4).

Perbedaan aktivitas enzim pada kedua perlakuan yang diujikan mulai terlihat pada larva umur 3 hari. Aktivitas protease dan lipase pada larva umur 3 hari yang diberi pakan eksogen, cenderung menurun dibandingkan dengan hari sebelumnya. Penurunan aktivitas ini diduga karena pakan eksogen yang diberikan, dalam hal ini adalah zooplankton rotifer, memiliki jenis enzim yang berbeda dengan jenis yang ada pada tubuh larva, sehingga proses hidrolisis berjalan lambat dan mengakibatkan aktivitas enzim yang terdeteksi rendah. Protease dan lipase terdiri dari jenis enzim yang bekerja secara lebih spesifik pada bagian tubuh yang spesifik (Perez-Casanova *et al.*, 2006; Babaei *et al.*, 2011; Khoa *et al.*, 2019). Seluruh tubuh larva digunakan sebagai sampel dan dianalisis protease dan lipase secara umum sehingga tidak dapat diketahui secara pasti

jenis protease dan lipase yang secara spesifik terdapat pada tubuh larva dan rotifer.

Aktivitas amilase pada larva yang diberi pakan eksogen cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan aktivitas protease dan lipase. Hal ini menunjukkan bahwa proses hidrolisis karbohidrat lebih aktif daripada hidrolisis protein dan lemak. Struktur molekul karbohidrat yang lebih sederhana dan tidak adanya struktur yang spesifik, memungkinkan proses hidrolisis yang dilakukan amilase dapat berlangsung cepat. Analisis terhadap aktivitas enzim pada dua perlakuan yang diujikan, hanya dapat dilakukan hingga larva umur 3 hari saja karena larva yang tidak diberi pakan hanya dapat bertahan hidup hingga umur 3 hari.

Secara keseluruhan, aktivitas ketiga jenis enzim pada larva yang tidak diberi pakan eksogen adalah lebih tinggi dibandingkan dengan aktivitasnya pada larva yang diberi pakan eksogen, yaitu sebesar 0,05% (protease), 12,92% (amilase) dan 297,14% (lipase). Hasil pada penelitian ini berbeda dengan beberapa penelitian sejenis sebelumnya, yang menunjukkan penurunan aktivitas enzim pencernaan pada larva ikan stadia awal yang dipuaskan (Bolasina *et al.*, 2006; O'Brien-MacDonald *et al.*, 2006; Srichanun *et al.*, 2012).

Larva yang tidak mendapatkan pasokan pakan eksogen, sementara pakan endogennya sendiri sudah habis, secara alamiah akan berusaha mempertahankan kelangsungan hidupnya melalui proses katabolisme. Dalam hal ini, larva diduga menghidrolisis komponen tubuhnya sendiri, baik berupa protein, karbohidrat maupun lemak, untuk digunakan sebagai sumber energi. Oleh karena adanya proses hidrolisis tersebut maka aktivitas enzimnya terdeteksi cukup tinggi. Hasil penelitian Ching *et al.* (2016) juga menunjukkan terjadinya proses katabolisme pada komponen tubuh larva ikan kerapu macan yang pemberian pakan eksogennya ditunda.

Adanya kecenderungan bahwa aktivitas enzim pada larva yang tidak diberi

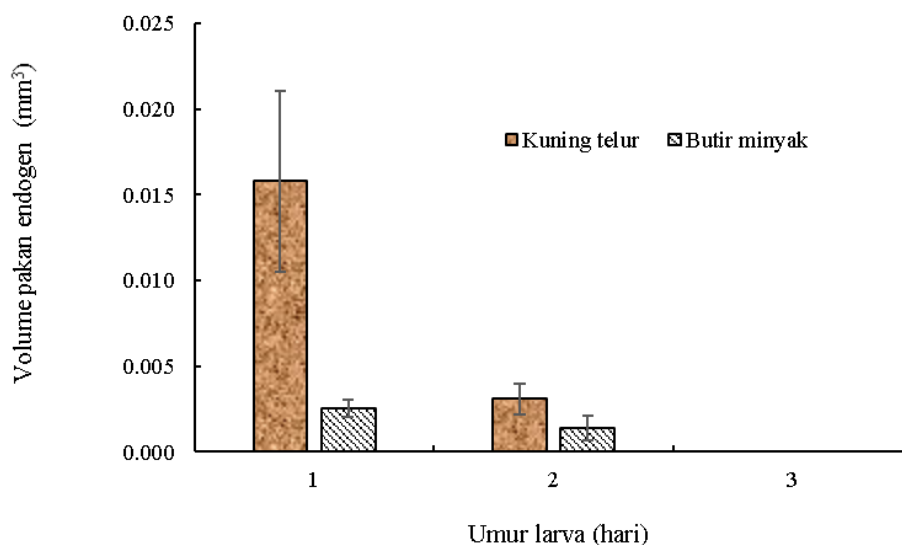
pakan adalah lebih tinggi dibandingkan aktivitasnya pada larva yang diberi pakan, juga terjadi pada beberapa jenis larva yang lain. Aktivitas tripsin yang tertinggi pada larva ikan haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) justru terdeteksi pada larva yang tidak ada pakan dalam pencernaannya (MacKenzie *et al.*, 1999), pada larva Japanese eel (*Anguilla japonica*) yang saluran pencernaannya kosong ternyata tidak berbeda dengan aktivitas tripsin pada larva yang pencernaannya berisi pakan (Pedersen *et al.*, 2003). Aktivitas tripsin pada larva ikan *Solea senegalensis* umur 3 hari justru menurun setelah larva melakukan aktivitas makan pertamanya (Ribeiro *et al.*, 1999) dan hal yang sama terjadi pada larva ikan herring (*Clupea harengus*) (Pedersen, 1993). Penurunan aktivitas enzim pencernaan ini diduga karena terjadinya perubahan metabolisme utama yang mengikuti penyerapan pakan endogen kuning telur (Ribeiro *et al.*, 1999). Srithongthum *et al.* (2020) menegaskan bahwa larva memerlukan waktu untuk menyesuaikan diri dengan pakan eksogen yang diberikan. Hal tersebut membuktikan bahwa masa peralihan sumber pakan, yaitu dari pakan endogen ke pakan eksogen, adalah merupakan masa yang penting dan kritis bagi larva. Disamping itu

sekaligus juga menunjukkan adanya keterkaitan antara masa peralihan sumber pakan tersebut dengan aktivitas enzim pencernaan pada larva.

3.2. Penyerapan Pakan Endogen

Hasil pengukuran terhadap volume pakan endogen (Gambar 4) menunjukkan bahwa kuning telur dan butir minyak larva umur 1 hari, masing-masing adalah $0,0150 \pm 0,0052 \text{ mm}^3$ dan $0,0030 \pm 0,0005 \text{ mm}^3$. Besarnya standar deviasi volume kuning telur menunjukkan bahwa setiap larva memiliki tingkat kecepatan penyerapan kuning telur yang berbeda-beda.

Hasil penelitian Kohno *et al.* (1990) menunjukkan bahwa larva ikan kerapu macan yang baru menetas memiliki kuning telur sebesar $1.687,3 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$ dan butir minyak $35,7 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$. Menurutnya, penyerapan kuning telur tersebut berlangsung sangat cepat, yaitu mencapai 90%, selama 24 jam setelah menetas, sedangkan penyerapan butir minyaknya berjalan lebih lambat. Mengacu pada pendapat yang dikemukakan oleh Kohno *et al.* (1990) tersebut, maka volume kuning telur sebesar $0,015 \text{ mm}^3$ pada larva umur 1 hari tersebut adalah merupakan 10% dari volume kuning telur yang tersisa. Berdasarkan hal tersebut dapat diasumsikan



Gambar 4. Volume pakan endogen. Nilai merupakan rata-rata ± standar deviasi.

bahwa larva yang baru menetas yang digunakan dalam penelitian ini membawa kuning telur sebesar $1.500 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$.

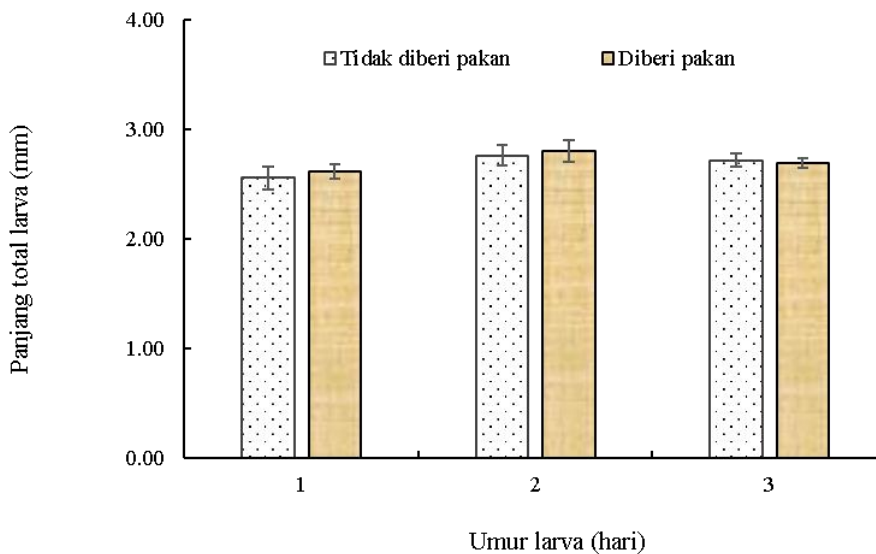
Hasil penelitian ini menunjukkan volume pakan endogen yang semakin mengecil pada larva umur 2 hari adalah sebagai bentuk pemanfaatan pakan endogen oleh larva. Besarnya pengurangan volume kuning telur antara larva umur 1 dan 2 hari menunjukkan bahwa penyerapan kuning telur terlihat lebih cepat dibandingkan penyerapan butir minyak. Rønnestad *et al.* (1998) mengemukakan bahwa penyerapan asam amino bebas yang terkandung pada kuning telur memang terjadi lebih cepat karena digunakan sebagai sumber energi, sedangkan penyerapan butir minyak terjadi setelah penyerapan kuning telur dan bersamaan dengan katabolisme asam lemak. Penyerapan nutrisi yang terkandung dalam pakan endogen dan pemanfaatannya sebagai sumber energi bagi larva juga dinyatakan oleh Naz (2009) dan Subhan *et al.* (2020).

3.3. Pertumbuhan Larva

Hasil pengukuran terhadap panjang tubuh larva menunjukkan peningkatan dari $2,55 \pm 0,11 \text{ mm}$ pada larva umur 1 hari setelah menetas menjadi $2,76 \pm 0,10 \text{ mm}$ pada larva

umur 2 hari (Gambar 5). Panjang total larva umur 3 hari yang tidak diberi pakan mencapai $2,72 \pm 0,06 \text{ mm}$, sedangkan pada larva yang diberi pakan adalah $2,69 \pm 0,04 \text{ mm}$ ($P > 0,05$).

Larva umur 2 hari pada kedua perlakuan menunjukkan adanya pertumbuhan panjang total. Namun pada umur 3 hari, tidak terlihat adanya peningkatan pada ukuran panjang total tersebut. Hal itu diduga karena sumber energi yang ada pada larva lebih banyak digunakan untuk pertumbuhan bobot tubuhnya. Disamping itu juga untuk proses organogenesis yang umum terjadi pada larva ikan kerapu hingga umur 3 hari, seperti mulut yang membuka, pigmentasi mata, pembentukan melanofore dan saluran pencernaan (Slamet & Tridjoko, 1997). Hasil yang sama juga terjadi pada pertumbuhan panjang total larva ikan kakap merah *Lutjanus sebae* yang mengalami pertumbuhan negatif setelah mencapai titik belok (*flection point*) pada 50,29 jam setelah penetasan (Imanto & Melianawati, 2003). Menurut Diani *et al.* (1990), terjadinya hal tersebut disebabkan oleh terserapnya kembali sebagian jaringan tubuh larva karena mengalami kekurangan energi dari cadangan kuning telur. Diaz *et al.* (2013) mengemuka-



Gambar 5. Panjang total larva ikan kerapu macan umur 1-3 hari yang tidak diberi dan diberi pakan eksogen berupa *Brachionus rotundiformis*. Nilai merupakan rata-rata ± standar deviasi.

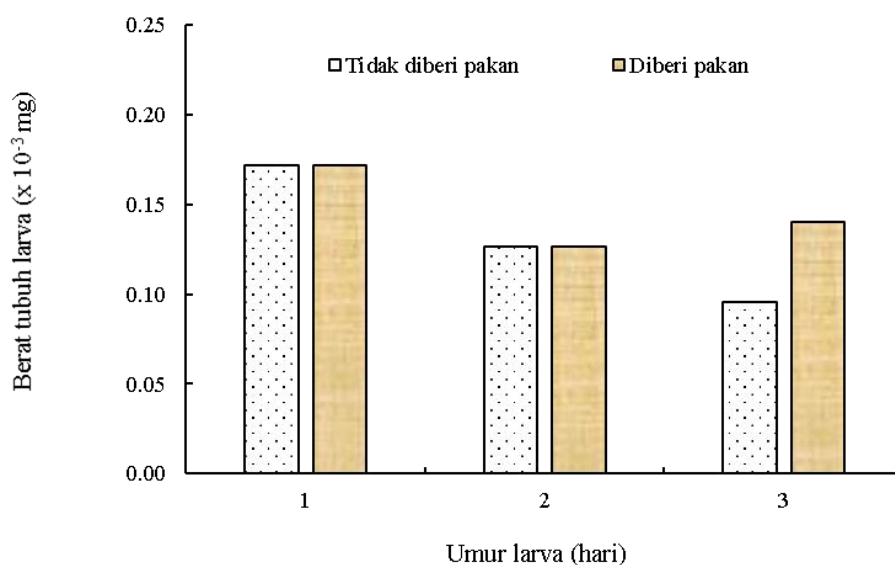
kan adanya penyusutan beberapa bagian tubuh pada larva ikan red porgy (*Pagrus pagrus*) yang disebabkan karena penundaan pemberian pakan eksogen.

Bobot tubuh larva cenderung semakin menurun dengan semakin meningkatnya umur (Gambar 6), yaitu pada umur 1 dan 2 hari, masing-masing adalah $0,17 \times 10^{-3}$ mg dan $0,13 \times 10^{-3}$ mg. Bobot tubuh larva umur 3 hari meningkat menjadi $0,14 \times 10^{-3}$ mg pada perlakuan yang diberi pakan eksogen, sebaliknya bobot larva yang tidak diberikan pakan justru menurun menjadi $0,10 \times 10^{-3}$ mg.

Bobot tubuh larva nampaknya terkait dengan ukuran pakan endogen yang dibawanya. Larva yang baru menetas membawa pakan endogen, terutama kuning telur, dengan volume besar. Penyusutan yang terjadi pada volume kuning telur tersebut nampaknya mengakibatkan penyusutan pada bobot tubuh larva. Pakan endogen yang diserap tersebut tidak hanya digunakan untuk pertumbuhan larva, namun juga untuk sumber energi gerak bagi larva. Hal ini yang mengakibatkan ukuran bobot tubuh larva terlihat mengalami penurunan pada larva umur dua hari.

Disamping itu, bobot tubuh larva nampaknya juga terkait dengan keberadaan

pakan eksogen. Larva umur 3 hari yang diberi pakan eksogen, bobot tubuhnya meningkat dan menjadi lebih berat dibandingkan dengan larva yang tidak diberi pakan. Peningkatan ini disebabkan karena adanya pasokan pakan eksogen yang kemudian dihidrolisis dan dimanfaatkan untuk pertumbuhan bobotnya. Hal tersebut didukung oleh hasil penelitian Kamarudin *et al.* (2011) yang secara jelas menunjukkan bahwa pemberian pakan eksogen berupa zooplankton terbukti berpengaruh terhadap aktivitas enzim pencernaan yang lebih tinggi dan bobot tubuh larva yang lebih besar dibandingkan pada larva yang tidak diberi pakan eksogen. Sebaliknya, pada larva yang tidak diberi pakan eksogen, bobot tubuhnya terus berkurang. Hal ini disebabkan karena semua jaringan tubuhnya menyusut secara volumetrik karena bagian dari jaringan tersebut digunakan sebagai sumber energi setelah pakan endogen habis terserap (Dabrowski, 1984). Hasil yang hampir sama dilaporkan oleh Ching *et al.* (2016), yaitu adanya penghentian perkembangan pada pembentukan saluran pencernaan larva dan usus yang menjadi semakin menipis pada larva ikan yang aktivitas makannya terlambat karena penundaan pemberian pakan eksogen.



Gambar 6. Bobot tubuh larva ikan kerapu macan umur 1-3 hari yang tidak diberi dan diberi pakan eksogen.

Gwak *et al.* (1999) menjelaskan pula secara lebih mendetail tentang adanya perbedaan morfologi pada beberapa bagian tubuh larva ikan Japanese Flounder (*Paralichthys olivaceus*), antara yang tidak diberi dan yang diberi pakan. Hal ini menunjukkan bahwa pakan eksogen memiliki peran yang sangat penting dalam proses perkembangan organogenesis dan pertumbuhan larva pada stadia awal.

Peningkatan bobot tubuh larva yang diberi pakan eksogen ternyata tidak disertai dengan peningkatan aktivitas enzim pencernaannya. Hal ini diduga karena pakan eksogen yang dikonsumsi oleh larva, dalam hal ini adalah rotifer, tidak mengalami hidrolisis oleh enzim pencernaan pada larva tetapi dari rotifer itu sendiri (Kuz'mina & Golovanova, 2004). Enzim yang berperan diduga berasal dari luar tubuh larva (*exogenous enzyme*) yaitu yang terdapat di dalam pakan alami rotifer yang dikonsumsinya. Pedersen (1984) menerangkan bahwa enzim yang digunakan larva untuk mencerna pakannya dapat berasal dari dua sumber, yaitu dari pencernaan larva itu sendiri (*endogenous enzyme*) dan dari enzim yang berasal dari zooplankton sebagai pakan alami (*exogenous enzyme*). Enzim yang terdapat di dalam rotifer diduga berperan dalam proses autolisis. Jadi, meskipun aktivitas enzim pencernaan pada larva yang diberi pakan eksogen terdeteksi lebih rendah, namun larva yang diberi pakan eksogen tersebut justru mengalami peningkatan bobot tubuh. Hal tersebut dikarenakan pakan eksogen yang dikonsumsi memiliki kemampuan untuk autolisis, sehingga nutrisi yang terkandung di dalam pakan eksogen dapat tercerna kemudian diabsorpsi oleh sel-sel tubuh dan digunakan untuk pertumbuhan larva. Beberapa hasil penelitian juga menunjukkan adanya kontribusi enzim yang berasal dari autolisis pakan eksogen yang berupa pakan alami seperti pada larva ikan *Coregonus* sp. (Lauff & Hoffer, 1984), Turbot (*Scophthalmus maximus*) (Munilla-

Moran *et al.*, 1990), dan green catfish (*Mystus nemurus*) (Srichanun *et al.*, 2012).

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya kaitan antara aktivitas enzim pencernaan, pakan endogen dan pertumbuhan larva ikan kerapu macan pada stadia awal. Aktivitas amilase dan lipase terdeteksi pada larva umur 1 hari dan menunjukkan bahwa pada umur tersebut larva telah memiliki kemampuan untuk menghidrolisis komponen nutrisi. Hal yang sama juga terjadi pada larva ikan spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*) (Moguel-Hernández *et al.*, 2014), tropical gar (*Atractosteus tropicus*) (Frías-Quintana *et al.*, 2015) dan American shad (*Alosa sapidissima*) (Gao *et al.*, 2017), yang menunjukkan adanya aktivitas beberapa jenis enzim pencernaan mulai dari saat menetas hingga penyerapan pakan endogenya. Adanya aktivitas enzim pencernaan sebelum larva memakan pakan eksogen, menurut Zhang *et al.* (2015) hal tersebut telah terprogram secara genetik. Aktivitas enzim yang berbeda menunjukkan bahwa setiap jenis ikan memiliki perbedaan yang spesifik dalam hal fungsi dan kemampuan pencernaan (Lahnsteiner, 2017).

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian pakan eksogen awal memberi pengaruh yang berlawanan pada aktivitas enzim pencernaan dan pertumbuhan larva ikan kerapu macan pada stadia peralihan dari sumber pakan endogen ke pakan eksogen. Larva yang tidak diberi pakan eksogen, memiliki aktivitas enzim pencernaan yang lebih tinggi namun pertumbuhan yang lebih kecil. Sebaliknya, larva yang diberi pakan eksogen memiliki aktivitas enzim pencernaan yang lebih rendah namun pertumbuhan lebih besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Mujimin dan Made Miniartini,

litkayasa BBRBLPP, atas peran sertanya dalam pelaksanaan penelitian ini. Apresiasi dan penghargaan yang sebesar-besarnya juga disampaikan kepada Prof. Gono Semiadi yang telah memberikan saran perbaikan terhadap makalah ini melalui program pendampingan penulisan artikel ilmiah yang diselenggarakan oleh Direktorat Pendanaan Riset dan Inovasi Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada editor dan reviewer Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis atas segala koreksi, perbaikan dan saran yang diberikan kepada makalah ini sehingga menjadikannya lebih baik dan layak untuk diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Babaei, S.S., A.A. Kenari, R. Nazari, & E. Gisbert. 2011. Developmental changes of digestive enzymes in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) during larval ontogeny. *Aquaculture*, 318: 138-144. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.04.032>
- Bergmeyer, H.U., M. Grossl, & H.E. Walter. 1983. Reagents for enzymatic analysis. In: H.U. Bergmeyer (ed.) *Methods in enzymatic analysis vol. II*. 3rd eds. Weinheim. 274-275 pp.
- Bolasina, S., A. Pérez, & Y. Yamashita. 2006. Digestive enzymes activity during ontogenetic development and effect of starvation in Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, 252: 503-515. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.07.015>
- Ching, F.F., Y. Nakagawa, K. Kato, & S. Miyashita. 2016. Effects of delayed first feeding on nutritional condition of tiger grouper, *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskål, 1775) larvae. *Aquaculture Reports*, 3: 225-228. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2016.04.001>
- Dabrowski, K. 1984. The feeding of fish larvae: present (state of the art) and perspective. *Repro. Nutri. Develop.*, 24(6): 807-833. <https://doi.org/10.1051/rnd:19840701>
- Dewa. 2017. *Tiga jenis ikan ekspor terindikasi ditangkap berlebihan*. <https://legaleraindonesia.com>
- Diani, S., B. Slamet, P.T. Imanto, & H. Kohno. 1990. Resorption of endogenous nutrition and initial feeding of the rabbitfish, *Siganus javus*. *Bull. Pen. Perikanan*, 1: 83-88.
- Diaz, M.V., M.F. Arano, M. Pájaro, E.O. Aristizábal, & G.J. Macchi. 2013. The use of morphological and histological features as nutritional condition indices of *Pagrus pagrus* larvae. *Neotropical Ichthyology*, 11(3): 649-660. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252013000300018>
- Divya, S.P., T.T.A. Kumar, R. Rajasekaran, & T. Balasubramanian. 2011. Larval rearing of clownfish using *Brachionus plicatilis* rotifers as starter food. *Science Asia*, 37: 179-185. <https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2011.37.179>
- Farhoudi, A., A.A. Kenari, V. Chamanara, & A.S. Farsani. 2012. Ontogeny changes in fatty acid and amino acid profiles in yellowfin seabream (*Acanthopagrus latus*) eggs and larvae. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 4(3): 290-296. <https://doi.org/10.5829/idosi.wjfds.2012.04.03.62152>
- Frías-Quintana, C.A., G. Márquez-Couturier, C.A. Alvarez-González, D. Tovar-Ramírez, H. Nolasco-Soria, M.A. Galaviz-Espinosa, R. Martínez-García, S. Camarillo-Coop, R. Martínez-Yañez, & E. Gisbert. 2015. Development of digestive tract and enzyme activities during the early ontogeny of the tropical gar *Atractosteus tropicus*. *Fish Physiol. Biochem.*, 41(5): 1075-91.

- <https://doi.org/10.1007/s10695-015-0070-9>
- Galaviz, M.A., A. García-Gasca, M. Drawbridge, C.A. Álvarez-González, & L.M. López. 2011. Ontogeny of the digestive tract and enzymatic activity in white seabass, *Atractoscion nobilis*, larvae. *Aquaculture*, 318: 162-168. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.05.014>
- Gao, X-O., Z-F. Liu, C-T. Guan, B. Huang, J-L. Lei, J. Li, Z-L. Guo, Y-H. Wang, & L. Hong. 2017. Developmental changes in digestive enzyme activity in American shad, *Alosa sapidissima*, during early ontogeny. *Fish Physiol. Biochem.*, 43(2): 397-409. <https://doi.org/10.1007/s10695-016-0295-2>
- Gawlicka, A.B. Parent, M.H. Horn, N. Ross, I. Opstad, & O.J. Torrissen. 2000. Activity of digestive enzyme in yolk sac larvae of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*): indication of readiness for first feeding. *Aquaculture*, 184: 303-314. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00322-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00322-1)
- Gisbert, E., G. Giménez, I. Fernández, Y. Kotzamanis, & A. Estévez. 2009. Development of digestive enzymes in common dentex *Dentex dentex* during early ontogeny. *Aquaculture*, 287: 381-387. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.10.039>
- Gwak, W.S., T. Seikai, & M. Tanaka. 1999. Evaluation of starvation status of laboratory-reared Japanese Flounder *Paralichthys olivaceus* larvae and juveniles based on morphological and histological characteristics. *Fisheries Science*, 65(3): 339-346. <https://doi.org/10.2331/fishsci.65.339>
- Hamre, K. 2016. Nutrient profiles of rotifers (*Brachionus* sp.) and rotifers diets from four different marine fish hatcheries. *Aquaculture*, 450: 136-142. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.07.016>
- Hazman, B. & K. Gökçek. 2014. The effect of different first feeds on proteolytic activity of the Northern Pike, *Esox lucius* Linnaeus 1758, Post-Larvae. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14: 875-878. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v14_4_04
- Imanto, P.T. & R. Melianawati. 2003. Perkembangan awal larva kakap merah *Lutjanus sebae*. *J. Penelitian Perikanan Indonesia*, 9(1): 11-19. <https://doi.org/10.15578/jppi.9.1.2003.11-19>
- Johnston, D.J., A.J. Ritar, & C.W. Thomas. 2004. Digestive enzymes profiles reveal digestive capacity and potential energy sources in fed and starved spiny lobster (*Jasus edwardsii*) phyllosoma larvae. *Comparative Biochemistry and Physiology B*, 138: 137-144. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2004.02.013>
- Kailasam, M., A.R. Thirunavukkarasu, S. Selvaraj, & P. Stalin. 2007. Effect of delayed initial feeding on growth and survival of Asian sea bass *Lates calcarifer* (Bloch) larvae. *Aquaculture*, 271(1-4): 298-306. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.05.005>
- Kamarudin, M.S., S. Otoi, & C.R. Saad. 2011. Changes in growth, survival and digestive enzyme activities of Asian redbtail catfish, *Mystus nemurus*, larvae fed on different diets. *African Journal of Biotechnology*, 10(21): 4484-4493. <https://doi.org/10.5897/AJB09.1895>
- Khoa, T.N.D., V. Waqalevu, A. Honda, K. Shiozaki, & T. Kotani. 2019. Early ontogenetic development, digestive enzymatic activity and gene expression in red sea bream (*Pagrus*

- major). *Aquaculture*, 512: 734283. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734283>
- Kohno, H., S. Hara, & Y. Taki. 1986. Early larval development of the seabass *Lates calcarifer* with emphasis on the transition of energy sources. *Bulletin of the Jap. Soc. of Scientific Fisheries*, 52(10): 1719-1725. https://www.jstage.jst.go.jp/article/suisan1932/52/10/52_10_1719/_pdf
- Kohno, H., S. Diani, P. Sunyoto, B. Slamet, & P.T Imanto. 1990. Early development events associated with changeover of nutrient sources in the grouper, *Epinephelus fuscoguttatus*, larvae. *Bull. Pen. Perikanan, special eds*, 1: 51-64.
- Kurnia, R., K. Suwardi, I. Muchsin, & M. Boer. 2011. Tangkapan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) di Perairan Semak Daun, Kepulauan Seribu. *Buletin PSP*, 19(3): 277-283. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/bulpsp/article/view/4162>
- Kurokawa, T. & T. Suzuki. 1996. Formation of the diffuse pancreas and the development of digestive enzyme synthesis in larvae of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, 141: 267-276. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)01237-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)01237-0)
- Kuz'mina, V.V. & I. L. Golovanova. 2004. Contribution of prey proteinases and carbohydrases in fish digestion. *Aquaculture*, 234: 347-360. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.11.011>
- Lahnsteiner, F. 2017. Digestive enzyme system of larvae of different freshwater teleosts and its differentiation during the initial phase of exogenous feeding. *Czech J. Anim. Sci.*, 62(10): 403-416. <https://doi.org/10.17221/25/2016-CJAS>
- Lauff, M. & R. Hoffer. 1984. Proteolytic enzymes in fish development and the importance of dietary enzymes. *Aquaculture*, 37: 335-346. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(84\)90298-9](https://doi.org/10.1016/0044-8486(84)90298-9)
- Lemieux, H., P. Blier, & J.D. Dutil. 1999. Do digestive enzymes set a physiological limit on growth rate and food conversion efficiency in the Atlantic cod (*Gadus morhua*)? *Fish Physiol. and Biochem.*, 20: 293-303. <https://doi.org/10.1023/A:1007791019523>
- Linfield, W.M., R.A. Barangkas, L. Sivieri, S. Serota, & R.W. Stevenson. 1984. Enzymatic fat and synthesis. *JAOCS*, 18(2): 78-87. <https://doi.org/10.1007/BF02678767>
- MacKenzie, B., D. Ueberschär, M. Basford, Heath & A. Gallego. (1999). Diel variability of feeding activity in haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) larvae in the East Shetland area. *North Sea Mar. Biol.*, 135: 361-368. <https://doi.org/10.1007/s002270050635>
- Made, S., S. Fakhriyyah, & A. Darawelalangi. 2017. Analysis of grouper (*Epinephelus spp*) export contribution to own-source revenue South Sulawesi Province. *Journal of economic and social of fisheries and marine*, 4(2): 126-134. <https://doi.org/10.21776/ub.ecsofim.2017.004.02.02>
- Martinez-Lagos, R., D. Tovar-Ramirez, V. Gracia-Lopez, & J.P. Lazo. 2013. Changes in digestive enzyme activities during larval development of leopard grouper (*Mycteroperca rosacea*). *Fish Physiol. Biochem.*, 40(3): 773-85. <https://doi.org/10.1007/s10695-013-9884-5>
- Moguel-Hernández, I., R. Peña, H. Nolasco-Soria, S. Dumas, & I. Zavala-Leal. 2014. Development of digestive

- enzyme activity in spotted rose snapper, *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) larvae. *Fish Physiol. Biochem.*, 40(3): 839-48. <https://doi.org/10.1007/s10695-013-9890-7>
- Munilla-Moran, R., J.R. Stark, & A. Barbour. 1990. The role of exogenous enzymes in digestion in cultured turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*, 88: 337-350. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(90\)90159-K](https://doi.org/10.1016/0044-8486(90)90159-K)
- Naz, M. 2009. Ontogeny of biochemical phases of fertilized eggs and yolk sac larvae of Gilthead Seabream (*Sparus aurata* L.). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 9: 77-83. https://www.trjfas.org/uploads/pdf_732.pdf
- Nikhlani, A. & K. Sukarti. 2017. Perkembangan aktivitas enzim pencernaan larva rajungan *Portunus pelagicus*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(2): 443-452. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v9i2.19280>
- Novriadi, R. 2019. Mini review: Production and economics analysis of backyard production of tiger grouper *Epinephelus fuscoguttatus* fingerlings in Situbondo, Indonesia. *Jurnal Fishtech*, 8(3): 58-71. <https://doi.org/10.36706/fishtech.v8i2.8802>
- O'Brien-MacDonald, K., J.A. Brown, & C.C. Parrish. 2006. Growth, behaviour, and digestive enzyme activity in larval Atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to rotifer lipid. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 275-284. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2005.11.017>
- Pedersen, B.H. 1984. The intestinal evacuation rates of larval herring (*Clupea harengus* L.) prefeeding on wild plankton. *Dana*, 3: 21-30.
- Pedersen, B.H. 1993. Protein digestion in herring *Clupea harengus* larvae: trypsinogen secretion and effect of a transitory food restriction on mortality, growth and digestive enzyme content. In Walter, B.T. & H.J. Fyhn (ed.). *Physiological and biochemical aspect of fish development*. 220-225 pp.
- Pedersen, B.H., B. Ueberschar, & T. Kurokawa. 2003. Digestive response and rates of growth in pre-leptocephalus larvae of the Japanese eel *Anguilla japonica* reared on artificial diets. *Aquaculture*, 215: 321-338. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00065-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00065-0)
- Perez-Casanova, J.C., H.M. Murray, J.W. Gallant, N.W. Ross, S.E. Douglas, & S.C. Johnson. 2006. Development of the digestive capacity in larvae of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) and Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture*, 251(2-4): 377-401. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.06.007>
- Pranata, A., Haryati, & M.Y. Karim. 2014. Perkembangan aktivitas enzim pencernaan pada larva ikan bawal bintang (*Trachinotus blochii*, *Lacepede 1801*). *J. Sains & Teknologi*, 14(3): 199-208. <http://pasca.unhas.ac.id/jurnal/files/378203d62e9834ac8dba77dab322aaf5.pdf>
- Rangsin, W., N. Areechon, & R. Yoonpundh. 2012. Digestive enzyme activities during larval development of striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878). *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, 46: 217-228. <https://www.thaiscience.info/journals/Article/TKJN/10898172.pdf>
- Rhodes, K., Y. Sadovy, & M. Samoilys. 2018. *Epinephelus fuscoguttatus*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://www.iucnredlist.org>

- Ribeiro, L., J.L. Zambonino-Infante, C. Cahu, & M.T. Dinis. 1999. Development of digestive enzymes in larvae of *Solea senegalensis*, Kaup 1858. *Aquaculture*, 179: 465-473. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00180-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00180-5)
- Rimmer, M.A. & B. Glamuzina. 2017. A review of grouper (Family Serranidae: Subfamily Epinephelinae) aquaculture from a sustainability science perspective. *Reviews in Aquaculture*, 11: 58-87. <https://doi.org/10.1111/raq.12226>
- Rønnestad, I., W. Koven, A. Tandler, M. Harel, & H.J. Fyhn. 1998. Utilisation of yolk fuels in developing eggs and larvae of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 162(1-2): 157-170. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00203-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00203-8)
- Rotllant, G., F.J. Moyano, M. Andrés, A. Estévez, M. Díaz, & E. Gisbert. 2010. Effect of delayed first feeding on larval performance of the spider crab *Maja brachydactyla* assessed by digestive enzyme activities and biometric parameters. *Mar. Biol.*, 157: 2215-2227. <https://doi.org/10.1007/s00227-010-1487-4>
- Slamet, B. & Tridjoko. 1997. Pengamatan pemijahan alami, perkembangan embrio dan larva ikan kerapu batik, *Epinephelus microdon* dalam bak terkontrol. *J. Penelitian Perikanan Indonesia*, 3(4): 40-50. <https://doi.org/10.15578/jppi.3.4.1997.40-50>
- Srichanun, M., C. Tantikitti, V. Vatanakul, & P. Musikarune. 2012. Digestive enzyme activity during ontogenetic development and effect of live feed in green catfish larvae (*Mystus nemurus* Cuv. & Val.). *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 34(3): 247-254. <https://www.researchgate.net/publication/261511898>
- Srithongthum, S. H-L. Au, T. Amornsakun, S. Chesoh, S. Jantararat, N. Suzuki, Y. Takeuchi, A. Hassan, G. Kawamura, & L-S. Lim. 2020. Yolk-sac absorption, mouth size development, and first exogenous feeding of Sultan fish, *Leptobarbus hoevenii*. *AACL Bioflux*, 13(3): 1320-1327. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2020.1320-1327.pdf>
- Subhan, U., Iskandar, Zahidah, & I.M. Joni. 2020. Efficiency yolk sac utilization of endogenous feeding larvae striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) in the environmentally rich Fine Bubbles (FBs). AIP Conference Proceedings 2219, 090003. <https://doi.org/10.1063/5.0003079>
- Sulaeman & R. Fotedar. 2017. Yolk utilization and growth during the early larval life of the Silver Perch, *Bidyanus bidyanus* (Mitchell, 1838). *Int Aquat Res.*, 9: 107-116 <https://doi.org/10.1007/s40071-017-0160-7>
- Suzer, C., D. Çoban, S. Yildirim, M. Hekimoğlu, H.O. Kamacı, K. Firat, & S. Saka. 2014. Stage-specific ontogeny of digestive enzymes in the cultured common dentex (*Dentex dentex*) larvae. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14: 759-768. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v14_3_18
- Tang, U.M., H. Alawi, H. Masjudi, & M. Fauzi. 2020. Development of mouth opening and digestive enzyme activities in sheatfish (*Ompok hypophthalmus*) larvae. *International Journal of Oceans and Oceanography*, 14(1): 1-8. <https://doi.org/10.37622/IJOO/14.1.2020.1-8>

- Teles, A., J. Salas-Leiva, C.A. Alvarez-González, & D. Tovar-Ramírez. 2019. Changes in digestive enzyme activities during early ontogeny of *Seriola rivoliana*. *Fish Physiol. Biochem.*, 45(2): 733-742. <https://doi.org/10.1007/s10695-018-0598-6>
- Yamin, M. & N.N. Palingi. 2007. Aktivitas enzim protease dan kondisi pencernaan di usus ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) setelah pemberian pakan. *Jurnal Riset Akuakultur*, 2(2): 281-288. <https://doi.org/10.15578/jra.2.2.2007.281-288>
- Submitted : 03 February 2022
Reviewed : 17 March 2022
Accepted : 20 April 2022

FIGURE AND TABLE TITLES

- Figure 1. *Protease activity of 1-3 days old tiger grouper larvae that unfed and fed with Brachionus rotundiformis as exogenous feed. Value is mean ± standard deviation.*
- Figure 2. *Amylase activity of 1-3 days old tiger grouper larvae that unfed and fed with Brachionus rotundiformis as exogenous feed. Value is mean ± standard deviation.*
- Figure 3. *Lipase activity of 1-3 days old tiger grouper larvae that unfed and fed with Brachionus rotundiformis as exogenous feed. Value is mean ± standard deviation.*
- Figure 4. *Volume of endogenous feed. Value is mean ± standard deviation.*
- Figure 5. *Total length of 1-3 days old tiger grouper larvae that unfed and fed with Brachionus rotundiformis as exogenous feed. Value is mean ± standard deviation.*
- Figure 6. *Body weight of 1-3 days old tiger grouper larvae that unfed and fed with exogenous feed.*