

Peranan Taurin pada Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Larva Ikan Kerapu Bebek *Cromileptes altivelis* (Valenciennes, 1828)

Regina Melianawati^{1*}, Ni Wayan Widya Astuti², Tridjoko Tridjoko²

¹Pusat Riset Bioindustri Laut dan Darat, Badan Riset dan Inovasi Nasional
Dusun Teluk Kodek, Desa Malaka, Mataram, Nusa Tenggara Barat Indonesia

²Pusat Riset Perikanan, Badan Riset dan Inovasi Nasional
Jl. Raya Bogor Km 47, Cibinong, Bogor Jawa Barat Indonesia
Email: regina.melnawati@yahoo.com

Abstract

The role of taurine on growth and survival rate of marine fish larvae humpback grouper *Cromileptes altivelis* (Valenciennes, 1828)

Taurine is an important amino acid for the growth of marine fish larvae. The humpback grouper (*Cromileptes altivelis*) is a highly valuable marine fish that has been farmed in hatcheries. The increasing of larval growth and survival rate of humpback grouper was carried out by taurine addition as enrichment ingredient to zooplankton as live feed for larvae. The purpose of this study was to find out the role of taurine on larval growth and survival rate. Two treatments tested were taurine addition by bioencapsulated through zooplankton rotifers *Brachionus rotundiformis* (A) and without taurine addition in rotifers (B). The observed parameters were larval growth and survival rate. Larval samples were taken on day 1 and 5, then continued every 5 days until the end of the study, by using 10 larval samples at each time. The results showed that mostly all larvae have already metamorphosed and become juveniles at 35 days old. At that time, larvae with taurine addition (A) have bigger in size, faster growth and also higher survival rate compared than larvae without taurine addition (B). Therefore, the result of this study indicated that the addition of taurine could improve larval growth and the survival rate of humpback grouper.

Keywords: amino acid taurine, rotifers enrichment, grouper fish larvae

Abstrak

Taurin merupakan asam amino penting untuk pertumbuhan larva ikan laut. Ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) adalah salah satu jenis ikan laut bernilai ekonomis tinggi yang sudah dapat dibudidayakan. Peningkatan pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva ikan kerapu bebek dilakukan dengan penambahan taurin sebagai bahan pengkaya ke dalam zooplankton sebagai pakan alami larva. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui peranan taurin pada pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva. Dua perlakuan yang diujikan adalah penambahan taurin melalui bioenkapsulasi pada zooplankton rotifer *Brachionus rotundiformis* (A) dan tanpa penambahan taurin pada rotifer (B). Parameter yang diamati adalah pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva. Sampel larva diambil pada umur 1 dan 5 hari, selanjutnya setiap 5 hari sekali hingga akhir penelitian, dengan menggunakan 10 ekor larva setiap waktu pengambilan sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar populasi larva telah bermetamorfosis menjadi juvenil pada umur 35 hari. Pada umur tersebut, larva yang diberi penambahan taurin (A) memiliki ukuran yang lebih besar, pertumbuhan yang lebih cepat dan tingkat kelangsungan hidup yang lebih tinggi dibandingkan dengan larva yang tidak diberi penambahan taurin (B). Oleh karenanya, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan taurin pada rotifer dapat meningkatkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva ikan kerapu bebek.

Kata kunci : asam amino taurin, pengayaan rotifer, larva ikan kerapu

PENDAHULUAN

Taurin merupakan asam amino bebas yang banyak terdapat di dalam jaringan tubuh dan lebih banyak terkandung dalam makhluk hidup di perairan (Divakaran, 2006). Secara alami, taurin banyak terdapat dalam komoditas perikanan laut dan merupakan komponen nutrisi yang penting bagi beberapa komoditas ikan. (Rhodes *et al.*, 2011). Taurin berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan beberapa jenis larva (Matsunari *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2014) dan juvenil (Widyasti *et al.*, 2013; Widiastuti *et al.*, 2015; Loekman *et al.*, 2018).

Taurin diberikan kepada larva melalui proses pengkayaan pada rotifer (*Brachionus* sp.) sebagai pakan alaminya (Chen *et al.*, 2004; Hawkyard *et al.*, 2014; Jusadi *et al.*, 2015). Rotifer merupakan zooplankton yang digunakan sebagai pakan alami dalam pembenihan ikan kerapu bebek (Tridjoko *et al.*, 1999). Hal ini antara lain disebabkan karena rotifer berukuran relatif kecil, berenang lambat sehingga mudah dimangsa oleh larva, mudah dicerna, mudah dikembangbiakkan, memiliki kandungan nutrisi yang cukup tinggi dan dapat diperkaya (Lubzens *et al.*, 1989). Proses pengkayaan untuk rotifer diperlukan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi bagi larva (Lubzens dan Zmora, 2003). Rotifer hasil kultur dengan mikroalga diketahui hanya mengandung kadar taurin rendah (Aragão *et al.*, 2004). Oleh karenanya, perlu dilakukan pengkayaan taurin kedalam rotifer tersebut. Rotifer yang diperkaya dengan taurin terbukti dapat membawa taurin tersebut sehingga larva yang diberi pakan dengan rotifer yang diperkaya taurin memiliki kadar taurin yang lebih tinggi dalam tubuhnya dibandingkan dengan larva yang diberi pakan rotifer tanpa diperkaya dengan taurin (Betancor *et al.*, 2019).

Beberapa hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa taurin memiliki peranan penting pada ikan kerapu bebek, *Cromileptes altivelis*. Taurin diketahui berpengaruh terhadap pertumbuhan panjang tubuh dan kelangsungan hidup sampai dengan larva ikan kerapu bebek tersebut berumur 16 hari (Jusadi *et al.*, 2012; 2015). Namun demikian, hingga kini belum ada publikasi mengenai pengaruh taurin terhadap ikan kerapu bebek mulai stadia larva hingga mencapai tahap metamorfosis menjadi juvenil. Ikan kerapu bebek merupakan salah satu komoditas perikanan laut yang bernilai ekonomis tinggi (Rimmer dan Glamuzina, 2017). Oleh karenanya, peningkatan keberhasilan pembenihan ikan kerapu bebek ini perlu terus dilakukan. Penelitian yang terfokus pada penggunaan taurin merupakan salah satu inovasi yang perlu diujicobakan dalam pembenihannya. Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini dilakukan dan bertujuan untuk mengetahui peranan taurin terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva ikan kerapu bebek hingga menjadi juvenil.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan di Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan (BBRBLPP) yang berlokasi di wilayah perairan Bali Utara. Penelitian ini menggunakan telur yang berasal dari hasil pemijahan alami induk ikan kerapu bebek yang sudah di domestikasi dalam bak pemeliharaan di BBRBLPP dan merupakan induk hasil budidaya turunan ke-2. Telur yang dihasilkan oleh induk tersebut adalah merupakan turunan ke-3 (F-3). Telur terlebih dulu diseleksi dan hanya telur fertil yang ditebar dengan kepadatan 10 butir/L.

Pemeliharaan larva dilakukan di dalam ruang *hatchery* di BBRBLPP. Larva dipelihara dalam 2 buah bak beton berbentuk empat persegi panjang yang masing-masing berkapasitas maksimum 6.000 L dan diisi dengan air laut sebanyak 4.000 L. Setiap bak pemeliharaan dilengkapi dengan sistem aerasi sebagai sumber pasok oksigen terlarut bagi larva. Kepadatan awal larva adalah 7,5 ekor/L.

Selama pemeliharaan larva, ke dalam tangki pemeliharaan diberikan fitoplankton *Nannochloropsis oculata* yang berasal dari kultur massal pada pagi hari, mulai larva umur 2 hari. Kepadatan *N. oculata* yang digunakan adalah 500.000 sel/ml. Pakan alami berupa zooplankton rotifer *Brachionus rotundiformis* mulai diberikan pada hari kedua, pada sore hari dengan kepadatan awal 5-10 ind./ml. Pakan buatan berupa mikro pellet komersial merek Love Larva mulai diberikan pada larva umur 10 hari. Pakan alami lainnya yaitu *Artemia* sp. dengan kepadatan awal 1-2 individu/L mulai diberikan pada larva umur 20 hari. Secara umum, pembenihan ikan kerapu bebek dalam penelitian ini dilakukan dengan mengikuti pedoman pembenihan yang ada (Sugama *et al.*, 2001).

Perlakuan yang diujikan dalam penelitian ini adalah penambahan taurin ($H_2NCH_2CH_2SO_3H$, code 32708-15, Lot No. M9k8778, Nacalai Tesque, Japan) yang dilakukan melalui proses

bioenkapsulasi pada rotifer. Secara detail, perlakuan yang diujikan adalah dengan penambahan taurin (A) dan tanpa penambahan taurin (B) pada rotifer. Taurin sebanyak 100 mg (Chen *et al.*, 2005) ditambahkan ke dalam 40 L media pengkayaan rotifer (2,5 g/L) dan pengkayaan berlangsung selama 2 jam. Setelah itu, rotifer dipanen, dicuci dan diberikan sebagai pakan bagi larva. Pemberian taurin ini dilakukan setiap hari selama larva diberi pakan rotifer, yaitu mulai larva umur 2 hari hingga akhir penelitian. Frekuensi pemberiannya adalah 2 kali sehari yaitu pada pagi dan siang hari.

Parameter yang diamati adalah pertumbuhan larva yang meliputi panjang total, panjang duri sirip dorsal dan duri ventral serta kelangsungan hidup larva. Pengambilan sampel untuk pengamatan pertumbuhan dilakukan mulai pada larva umur 1 hari setelah menetas, kemudian umur 5 hari dan selanjutnya setiap interval 5 hari sampai dengan umur 35 hari. Pada setiap waktu tersebut diambil 10 ekor larva sebagai sampel dari setiap perlakuan. Pengukuran larva dilakukan secara mikroskopis dengan menggunakan stereoskopis mikroskop Olympus SZH yang dilengkapi dengan mikrometer. Kelangsungan hidup dihitung pada akhir penelitian saat sebagian besar larva telah bermetamorfosis menjadi juvenil.

Data pertumbuhan larva ditampilkan dalam bentuk grafik antara umur dengan masing-masing parameter yang diamati. Selanjutnya data tersebut dianalisis secara statistik dengan uji T pada tingkat kepercayaan 95%. Data tersebut juga dianalisis dengan regresi korelasi untuk mengetahui keeratan hubungan antara umur dengan parameter yang diamati. Data kelangsungan hidup juga ditampilkan dalam bentuk grafik dan dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar larva telah bermetamorfosis menjadi juvenil pada umur 35 hari. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa larva ikan kerapu bebek hasil budidaya turunan ke-3 (F-3) mencapai fase juvenil pada 34 hari (Andriyanto dan Marzuqi, 2012) atau 35 hari (Melianawati *et al.*, 2018). Hasil ini menunjukkan bahwa larva ikan kerapu bebek yang digunakan dalam penelitian ini memiliki pertumbuhan yang sama seperti pada pemeliharaan sebelumnya.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa panjang total larva ikan kerapu bebek yang diberi pakan rotifer diperkaya dengan taurin memiliki pola pertumbuhan sedikit berbeda dibandingkan dengan yang tanpa pemberian taurin (Gambar 1). Pada awal penelitian, larva dari kedua perlakuan memiliki ukuran panjang total yang sama, yaitu $2,31 \pm 0,06$ mm. Panjang total larva meningkat dengan semakin meningkatnya umur larva, yang ditunjukkan dengan pola pertumbuhan secara eksponensial ($r=0,96$). Larva yang diberi taurin (A) memiliki ukuran panjang total yang lebih besar mulai pada umur 25 sampai 35 hari, yaitu dari $8,86 \pm 1,54$ mm menjadi $13,87 \pm 4,40$ mm. Sedangkan larva yang tidak diberi taurin (B), mempunyai panjang total yang lebih kecil, masing-masing adalah $8,55 \pm 1,59$ mm dan $12,51 \pm 3,04$ mm. Meskipun memiliki panjang total yang lebih besar, namun larva (A) memiliki ukuran yang lebih heterogen, sedangkan pada larva (B) ukurannya justru lebih homogen. Hasil analisa statistik terhadap ukuran panjang total menunjukkan adanya beda nyata ($P < 0,05$) pada larva umur 5 dan 10 hari dan tidak ada beda nyata ($P > 0,05$) pada larva selain umur tersebut.

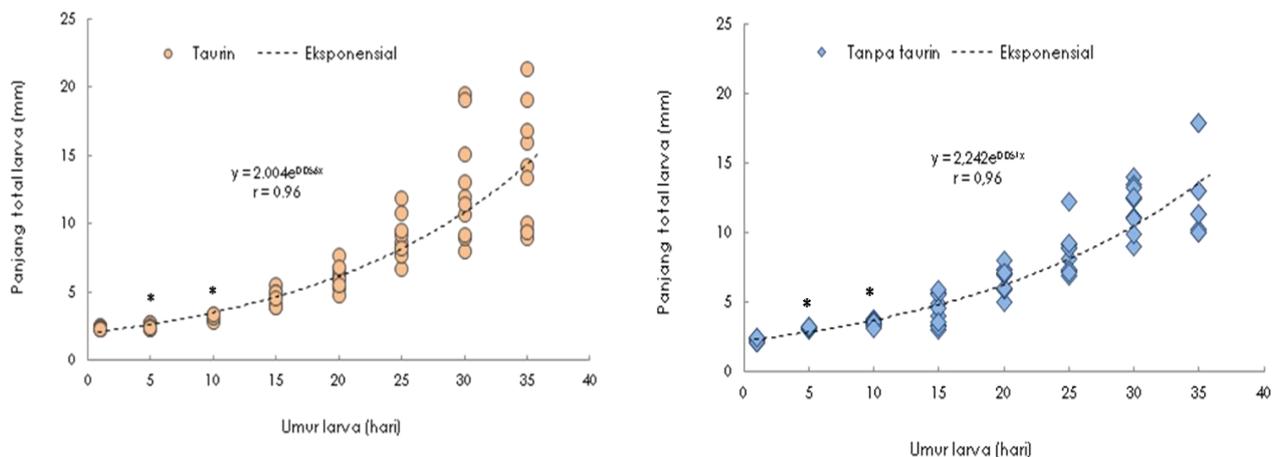
Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa larva ikan kerapu bebek yang diberi taurin sebanyak 0,5 g dalam 10 L media pengkaya juga menunjukkan pertumbuhan panjang yang cenderung lebih besar pada larva umur 16 hari dibandingkan dengan larva yang tidak diberi taurin (Jusadi *et al.*, 2015). Dosis taurin yang digunakan dalam penelitian sebelumnya itu lebih tinggi dibandingkan dengan dosis yang digunakan dalam penelitian ini. Namun, kedua hasil penelitian tersebut menunjukkan hasil yang sama. Dengan demikian, terlihat bahwa dosis taurin yang lebih rendah sudah dapat memberi pengaruh yang sama terhadap ukuran panjang larva yang lebih besar.

Larva ikan kerapu bebek, seperti halnya jenis ikan yang tergolong dalam Familia Serranidae, memiliki ciri khas berupa duri sirip pada bagian dorsal dan ventral yang tumbuh memanjang dan kemudian mereduksi (Fukuhara dan Fushimi 1988). Oleh karenanya, pertumbuhan kedua duri sirip tersebut dapat pula dikategorikan sebagai salah satu parameter pertumbuhan larva (Melianawati *et al.*, 2012), disamping ukuran panjang total yang sudah umum digunakan. Pada penelitian ini, pertumbuhan duri sirip larva baru terdeteksi pada pengamatan umur 10 hari, meskipun mungkin sudah mulai tumbuh pada larva umur 7-8 hari. Hal ini disebabkan karena jadwal pengambilan sampel dimulai pada larva umur 5 hari dan selanjutnya adalah interval waktu 5 hari, yang berarti waktu pengambilan sampel berikutnya adalah pada larva umur 10 hari.

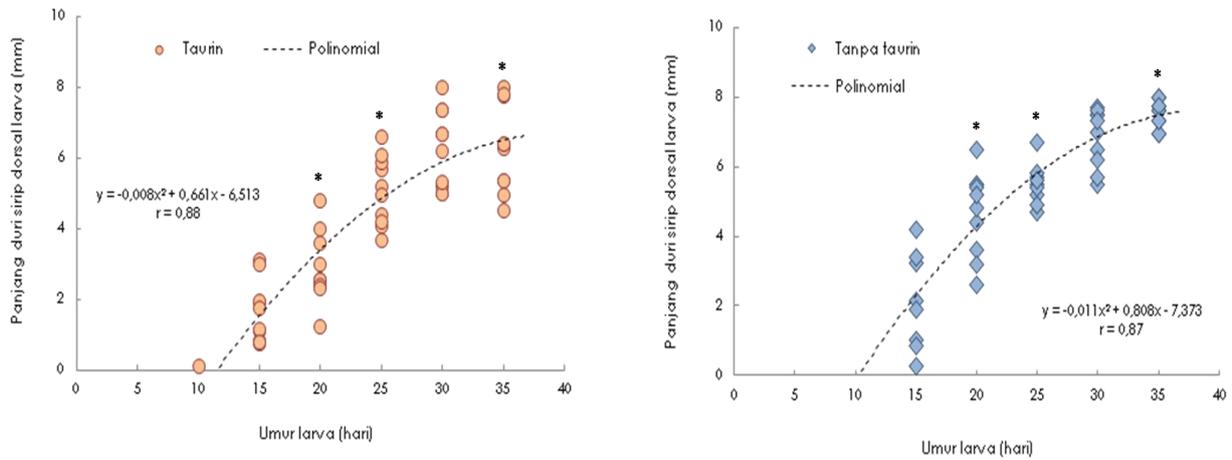
Duri sirip dorsal larva (A) terlihat mulai tumbuh lebih awal, yaitu pada larva umur 10 hari sebesar $0,12 \pm 0,00$ mm, sedangkan pada larva (B) belum terlihat tumbuh dan baru mulai terukur pada larva umur 15 hari (Gambar 2). Pada larva (A), duri sirip dorsal bertumbuh semakin panjang dengan semakin meningkatnya umur larva, yaitu mulai umur 10 sampai dengan 30 hari dan panjangnya pada umur 30 hari tersebut sudah mencapai $6,27 \pm 1,10$ mm. Pada larva umur 35 hari, ukuran duri sirip tersebut terlihat masih tetap, yaitu $6,27 \pm 1,26$ mm. Hal ini mengindikasikan bahwa duri sirip dorsal pada larva (A) sudah mencapai pertumbuhan optimumnya, yaitu pada larva umur 30-35 hari. Setelah periode waktu tersebut, duri sirip dorsal larva mulai mereduksi, yang ditandai dengan ukurannya yang mulai memendek dibandingkan sebelumnya. Sedangkan pada larva (B), duri sirip dorsal mengalami peningkatan pertumbuhan mulai larva umur 15 hari sampai dengan akhir penelitian yaitu pada umur 35 hari dan ukurannya pada saat itu sebesar $7,52 \pm 0,38$ mm. Hingga mencapai umur 35 hari tersebut terlihat bahwa pertumbuhan duri sirip dorsal larva (B) tersebut belum mencapai panjang optimumnya, meskipun ukurannya terlihat sedikit lebih besar dibandingkan pada larva (A) pada umur yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa, dilihat dari pola pertumbuhannya, pertumbuhan duri sirip dorsal pada larva (A) berlangsung lebih cepat dibandingkan pada larva (B).

Gambar 2 juga menunjukkan bahwa ukuran duri sirip dorsal larva (A) cenderung lebih heterogen dibandingkan larva (B), mulai dari awal hingga akhir penelitian. Sedangkan pada larva (B), ukuran duri sirip sangat heterogen pada awal pertumbuhannya dan kemudian menjadi semakin homogen hingga pada akhir penelitian. Namun demikian, pertumbuhannya pada kedua perlakuan tersebut menunjukkan pola yang sama yaitu polynomial.

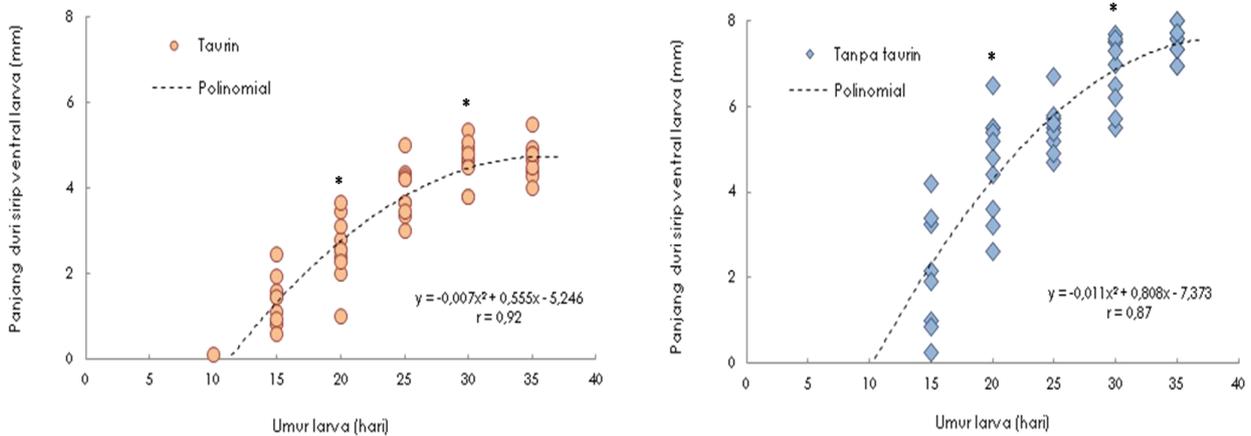
Hasil analisa statistik terhadap ukuran panjang duri sirip dorsal menunjukkan adanya beda nyata ($P < 0,05$) pada larva umur 20 dan 25 hari. Sebaliknya, panjang duri sirip dorsal pada larva selain umur tersebut adalah tidak berbeda nyata ($P > 0,05$).



Gambar 1. Panjang total larva ikan kerapu bebek yang diberi dan tidak diberi taurin. Tanda * menunjukkan adanya beda nyata ($P < 0,05$)

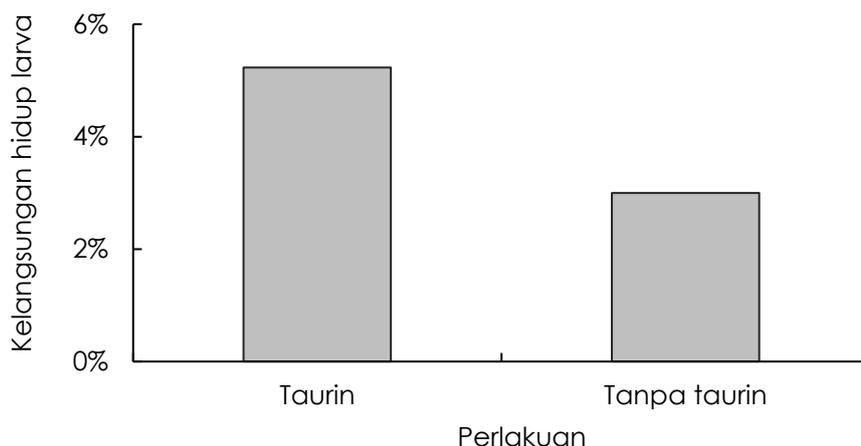


Gambar 2. Panjang duri sirip dorsal larva ikan kerapu bebek yang diberi dan tidak diberi taurin. Tanda * menunjukkan adanya beda nyata ($P < 0,05$)



Gambar 3. Panjang duri sirip ventral larva ikan kerapu bebek yang diberi dan tidak diberi taurin. Tanda * menunjukkan adanya beda nyata ($P < 0,05$)

Duri sirip ventral larva (A) dan (B), seperti halnya pada duri sirip dorsal, mulai terdeteksi masing-masing pada larva umur 10 dan 15 hari (Gambar 3). Duri sirip ventral larva (A) mulai terdeteksi pada umur 10 hari sebesar $0,12 \pm 0,00$ mm, kemudian mengalami peningkatan ukuran menjadi $4,61 \pm 0,50$ mm pada larva umur 30 hari dan ukuran tersebut terlihat stagnan yaitu $4,63 \pm 0,42$ mm sampai dengan larva umur 35 hari. Keragaman ukuran duri sirip ventral tersebut cenderung sama mulai dari larva umur 15 sampai dengan 35 hari. Pola pertumbuhannya adalah polinomial ($r = 0,92$). Duri sirip ventral larva (B) baru terdeteksi pada umur 15 hari, lebih lambat dibandingkan pada larva (A). Namun setelah itu ukuran duri sirip ventral tersebut mengalami peningkatan sampai dengan larva umur 35 hari. Pada awal pertumbuhannya, ukuran duri sirip ventral larva (B) tersebut terlihat lebih heterogen, yaitu $1,86 \pm 1,18$ mm pada larva umur 15 hari, namun dalam pertumbuhan selanjutnya menjadi lebih homogen yaitu $4,91 \pm 0,50$ mm pada larva umur 35 hari. Hasil tersebut menunjukkan pula bahwa larva (B) memiliki ukuran duri sirip ventral yang lebih panjang dibandingkan pada larva (A). Hasil analisa statistik terhadap ukuran panjang duri sirip ventral menunjukkan adanya beda nyata ($P < 0,05$) pada larva umur 20 dan 30 hari. Sebaliknya, panjang duri sirip ventral pada larva selain umur tersebut adalah tidak berbeda nyata ($P > 0,05$).



Gambar 4. Kelangsungan hidup larva ikan kerapu bebek umur 35 hari dari masing-masing perlakuan

Pada akhir penelitian, kelangsungan hidup larva (A) lebih tinggi dibandingkan dengan larva (B), yaitu masing-masing 5,20% dan 3,00% (Gambar 4). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian taurin pada rotifer berpengaruh terhadap peningkatan kelangsungan hidup larva ikan kerapu bebek. Hasil penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa larva ikan kerapu bebek yang diberi taurin memiliki kelangsungan hidup pada umur 16 hari yang lebih tinggi dan sekaligus juga kualitas yang lebih baik (Jusadi *et al.*, 2012). Peningkatan kelangsungan hidup yang diperoleh dengan penambahan taurin tidak saja terjadi pada ikan, namun juga pada komoditas perikanan lain seperti udang vaname *Litopenaeus vanname* (Jusadi *et al.*, 2011). Hasil yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan hasil yang sama dengan beberapa penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya pada beberapa jenis ikan yang berbeda. Taurin diketahui berpengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan dan kelangsungan hidup beberapa jenis ikan, seperti pada larva kerapu sunu *Plectropomus leopardus* (Melianawati dan Astuti, 2012), larva tuna sirip biru Atlantik *Thunnus thynnus* (Koven *et al.*, 2018), larva northern rock sole *Lepidopsetta polyxystra* (Hawkyard *et al.*, 2015), larva seabream *Pagrus major* (Kim *et al.*, 2014) dan pada Japanese Flounder *Paralichthys olivaceus*, baik pada stadia larva (Chen *et al.*, 2005) maupun juvenil (Kim *et al.*, 2008). Taurin juga diketahui berpengaruh terhadap pertumbuhan yang lebih baik pada beberapa benih ikan, seperti pada ikan gurami *Osprhonemus goramy* dan tilapia *Oreochromis niloticus* (Widiastuti *et al.*, 2015), kakap *Lutjanus colorado* (Hernandez *et al.*, 2018) serta ikan kerapu hybrid cantik (*E. fuscoguttatus* x *E. microdon*) (Loekman *et al.*, 2018).

Hasil penelitian Shen *et al.* (2019) menunjukkan bahwa penambahan taurin berperan terhadap peningkatan metabolisme, pemanfaatan energi dan penyerapan asam amino serta percepatan pertumbuhan ikan kerapu *Epinephelus coioides*. El-Sayed (2013) menegaskan pula bahwa taurin berperan penting pada beberapa fungsi fisiologis ikan, baik pada ikan laut maupun ikan tawar, yang berkaitan dengan proses pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan. Berkenaan dengan hal tersebut, hasil penelitian ini menunjukkan pula bahwa penambahan taurin cenderung berpengaruh terhadap beberapa parameter pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva ikan kerapu bebek yang lebih baik, mulai dari stadia larva sampai metamorfosis menjadi juvenil. Hasil penelitian ini menguatkan pula pendapat yang mengemukakan bahwa taurin merupakan nutrisi yang penting bagi larva ikan laut (Sampath *et al.*, 2020), utamanya pada stadia awal larva (Pinto *et al.*, 2013). Oleh karena peranannya yang sangat penting tersebut, maka taurin akan menjadi komponen nutrisi yang penting dalam pakan ikan di waktu mendatang (Bakui, 2015).

KESIMPULAN

Taurin memiliki peranan yang positif terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva ikan kerapu bebek. Penambahan taurin sebanyak 2,5 mg/L ke dalam media pengkayaan rotifer

terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva ikan kerapu bebek pada umur 35 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, W., & Marzuqi, M. (2012). Hubungan perkembangan morfologi dengan organ pencernaan larva kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) turunan ke-3 (F-3). *Jurnal Perikanan*, 14(1), 46-56, doi: 10.22146/jfs.9052.
- Aragão, C., Conceição, L.E.C., Dinis, M.T., & Fyhn, H.J. (2004). Amino acid pools of rotifers and *Artemia* under different conditions: nutritional implications for fish larvae. *Aquaculture*, 234(1-4), 429-445. doi: 10.1016/j.aquaculture.2004.01.025.
- Bakiu, R., Korro, K., & Kolaneci, V. (2015). Taurine as an important nutrient for future fish feeds of aquaculture in Albania. *The Albanian Journal of Agricultural Sciences*, 4(3), 310-315.
- Betancor, M.B., Laurent, G.R., Ortega, A., de la Gándara, F., Tocher, D.R., & Mourente, G. (2019). Taurine metabolism and effects of inclusion levels in rotifer (*Brachionus rotundiformis*, Tschugunoff, 1921) on Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*, L.) larvae. *Aquaculture*, 510(15), 353-363. doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.05.040.
- Chen, J.N., Takeuchi, T., Takahashi, T., Tomoda, T., Koiso, M., & Kuwada, H. (2004). Effect of rotifer enriched with taurine on growth and survival activity of red sea bream *Pagrus major* larvae. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 70(4), 542-547. doi: 10.2331/suisan.70.542.
- Chen, J-N., Takeuchi, T., Takahashi, T., Tomoda, T., Koiso, M., & Kuwada, H. (2005). Effect of rotifers enriched with taurine on growth in larvae of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 71(3), 342-347. doi: 10.2331/suisan.71.342.
- Divakaran, S. (2006). Taurine: an amino acid rich in fish meal. VIII Simposium Internationale de Nutrición Acuicola, Nuevo León, Mexico. pp. 310-317.
- El-Sayed, A.F.M. (2013). Is dietary taurine supplementation beneficial for farmed fish and shrimp? a comprehensive review. *Reviews in Aquaculture*, 5, 1-15. doi: 10.1111/raq.12042
- Fukuhara, O., & Fushimi, T. (1988). Fin differentiation and squamation of artificial reared grouper *Epinephelus akaara*. *Aquaculture*, 69, 379-386. doi: 10.1016/0044-8486(88)90344-4
- Hawkyard, M., Laurel, B., & Langdon, C. (2014). Rotifers enriched with taurine by microparticulate and dissolved enrichment methods influence the growth and metamorphic development of northern rock sole (*Lepidopsetta polyxystra*) larvae. *Aquaculture*, 424, 151-157. doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.12.035
- Hawkyard, M., Laurel, B., Barr, Y., Hamre, K., & Langdon, C. (2015). Evaluation of liposomes for the enrichment of rotifers (*Brachionus* sp.) with taurine and their subsequent effects on the growth and development of northern rock sole *Lepidopsetta polyxystra* larvae. *Aquaculture*, 441, 118-125. doi: 10.1016/j.aquaculture.2015.02.012.
- Hernandez, C., Sanchez-Gutierrez, E.Y., Ibarra-Castro, L., Pena, E., Gaxiola, G., & Barca, A.M.C.D.L. (2018). Effect of dietary taurine supplementation on growth performance and body composition of snapper *Lutjanus colorado* juvenile. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18, 1227-1233. doi: 10.4194/1303-2712-v18_10_09.
- Jusadi, D., Ruchyani, S., Mokoginta, I., & Ekasari, J. (2011). Peningkatan kelangsungan hidup dan perkembangan larva udang putih melalui pengayaan rotifera dengan taurin. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 10(2), 131-136.
- Jusadi, D., Putra, A.N., Suprayudi, M.A., Yaniharto, D., & Haga, Y. (2012). Aplikasi pemberian taurin pada rotifer untuk pakan larva ikan kerapu bebek *Cromileptes altivelis*. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 12(1), 73-82. doi: 10.32491/jii.v12i1.131.
- Jusadi, D., Aprilia, T., Suprayudi, M.A., & Yaniharto, D. (2015). Pengkayaan rotifer dengan asam amino bebas untuk larva kerapu bebek *Cromileptes altivelis*. *Ilmu Kelautan*, 20(4), 207-214. doi: 10.14710/ik.ijms.20.4.207-214.
- Kim, S.K., Matsunari, H., Nomura, K., Tanaka, H., Yokoyama, M., Murata, Y., Ishihara, K., & Takeuchi, T. (2008). Effect of dietary taurine and lipid contents on conjugated bile acid composition and growth performance of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fisheries Science*, 74(4), 875-881. doi: 10.1111/j.1444-2906.2008.01602.x.
- Kim, Y-S., Sasaki, T., Awa, M., Inomata, M., Honryo, T., Agawa, Y., Ando, M., & Sawada, Y. (2014). Effect of dietary taurine enhancement on growth and development in red sea bream *Pagrus major* larvae. *Aquaculture Research*, 47(4), 1168-1179. doi: 10.1111/are.12573.

- Koven, W., Nixon, O., Allon, G., Gaon, A., Sadin, S.E., Falcon, J., Besseau, L., Escande, M., Agius, R.V., Gordin, H., & Tandler, A. (2018). The effect of dietary DHA and taurine on rotifer capture success, growth, survival and vision in the larvae of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Aquaculture*, 482(1), 137-145. doi: 10.1016/j.aquaculture.2017.09.039.
- Loekman, N.A., Satyantini, W.H., & Mukti, A.T. (2018). Penambahan asam amino taurin pada pakan buatan terhadap peningkatan pertumbuhan dan sintasan benih ikan kerapu cantik (*E. fuscoguttatus* x *E. microdon*). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 10(2), 112-118. doi: 10.20473/jipk.v10.i2.10504.
- Lubzen, E., Tandler, A., & Minkoff, G. (1989). Rotifer as food in aquaculture. *Hydrobiologia*, 186, 399-400. doi: 10.1007/BF00048937.
- Lubzens, E., & Zmora, O. (2003). Production and nutritional value of rotifers. Støttrup, J.G. & McEvoy, L.A. (Eds.) *Life feeds in marine aquaculture*. Blackwell Science Ltd. Oxford. UK. pp. 17-64.
- Matsunari, H., Arai, D., Koiso, M., Kawada, H., Takahashi, T., & Takeuchi, T. (2005). Effect of feeding rotifers enriched with taurine on growth, performance and body composition of Pacific cod larvae *Gadus microcephalus*. *Aquaculture Science*, 53(3), 297-304. doi: 10.11233/aquacuIturesci1953.53.297
- Melianawati, R., Astuti, N.W.W., & Slamet, B. (2012). Pola pertumbuhan larva ikan kerapu raja sunu (*Plectropoma laevis* Lacepède, 1801) dan tingkat konsumsinya terhadap zooplankton rotifer (*Brachionus rotundiformis*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 4(2), 217-228. doi: 10.29244/jitkt.v4i2.
- Melianawati, R., & Astuti, N.W.W. (2012). Penambahan taurin melalui rotifer *Brachionus rotundiformis* untuk perbaikan pertumbuhan larva dan peningkatan produksi benih kerapu sunu, *Plectropomus leopardus*. *Jurnal Riset Akuakultur*, 7(3), 421-428. doi: 10.15578/jra.7.3.2012.421-428.
- Melianawati, R., Astuti, N.W.W., & Tridjoko. (2018). Pertumbuhan larva dan produksi benih ikan kerapu bebek *Cromileptes altivelis* Valenciennes, 1828 hasil budidaya turunan ke-3. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(3), 589-600. doi: 10.29244/jitkt.v10i3.20322.
- Pinto, W., Rønnestad, I., Dinis, M.T., & Aragão, C. (2013). Taurine and fish development: insights for the aquaculture industry. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 776, 329-34. doi: 10.1007/978-1-4614-6093-0_30.
- Rimmer, M.A., & Glamuzina, B. (2017). A review of grouper (Family Serranidae: Subfamily Epinephelinae) aquaculture from a sustainability science perspective. *Reviews in Aquaculture*, 11, 58-87. doi: 10.1111/raq.12226.
- Rhodes, M., Rossi Jr., W., Hanson, T., & Davis, D.A. (2011). Taurine: Critical supplement for marine fish feed. *Global Aquaculture Advocate*, 1(2), 34-35.
- Sampath, W.W.H.A., Rathnayake, R.M.D.S., Yang, M., Zhang, W., & Mai, K. (2020). Roles of dietary taurine in fish nutrition. *Marine Life Science & Technology*, 2, 360-375. doi: 10.1007/s42995-020-00051-1.
- Shen, G., Wang, S., Dong, J., Feng, J., Xu, J., Xia, F., Wang, X., & Ye, J. (2019). Metabolic effect of dietary taurine supplementation on grouper (*Epinephelus coioides*): A ¹H-NMR-based metabolomics study. *Molecules*, 24, 2253. doi: 10.3390/molecules24122253.
- Sugama, K., Tridjoko, Slamet, B., Ismi, S., Setiadi, E., & Kawahara, S. 2001. *Petunjuk teknis produksi benih ikan kerapu bebek, Cromileptes altivelis*. Balai Riset Budidaya Laut Gondol dan JICA.
- Tridjoko, Slamet, B., Aslianti, T., Wardoyo, Ismi, S., Hutapea, J.H., Setiawati, K.M., Rusdi, I., Makatutu, D., Prijono, A., Setiadharmas, T., Hirokazu, M., & Shigeru, K. (1999). *Research and development: The seed production technique of humpback grouper, Cromileptes altivelis*. JICA and Gondol research station for coastal fisheries.
- Widyasti, S., Widiastuti, E.L., Kanedi, M., & Rivai, I.F. (2013). Pemberian senyawa taurine pada pakan alami dan pakan komersil terhadap tingkat pertumbuhan juvenile ikan gurami (*Osprhonemus gourami*). *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, pp.315-320.
- Widiastuti, E.L., Kanedi, M., & Nurcahyani, N. (2015). Early study: the effect of taurine on growth of gourami *Osprhonemus goramy* dan tilapia *Oreochromis niloticus* juveniles. *KnE life sciences*, 2, 336-341. doi: 10.18502/cls.v.2i1.169.