

Peningkatan kelangsungan hidup dan perkembangan larva udang putih melalui pengayaan rotifera dengan taurin

Improvement of survival and development of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* larvae by feeding taurine enriched rotifers

Dedi Jusadi, Syarifah Ruchyani*, Ing Mokoginta, Julie Ekasari

*Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Dramaga Bogor 16680*

**email: siflounder@gmail.com*

ABSTRACT

The objective of the present experiment was to study the most optimum taurine enrichment concentration of rotifers in improving Pacific white shrimp larva *Litopenaeus vannamei* survival and development. White shrimp larvae at sixth naupliar stage were reared in 12 units of 500 L fibre glass tanks with a stocking density of 125 ind/L. Starting from zoea two stage (Z-2), the larva was provided with rotifers with different taurine enrichment concentration according to the treatments, i.e. 0 mg/L enrichment medium (A), 25 mg/L (B), 50 mg/L (C), and 100 mg/L (D). The results show that different taurine concentration in the enrichment media increased taurine level in rotifers. Furthermore, the administration of taurine enriched rotifers up to 50 mg/L significantly improved larval survival and may accelerate larval development. The experimental results also concluded that a concentration of 50 mg/L is the most optimum taurine enrichment concentration of rotifers for the improvement of white shrimp larval survival and developmental stage.

Keywords: taurine, rotifer, white shrimp, enrichment

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji konsentrasi optimum taurin melalui pengayaan pada rotifera terhadap tingkat kelangsungan hidup dan perkembangan stadia larva udang vaname *Litopenaeus vannamei*. Larva udang vaname stadia naupli-6 dipelihara dalam 12 tangki fiberglass volume 500 L dengan kepadatan 125 ind/L. Dimulai sejak stadia zoea 2 (Z-2) larva diberi rotifera yang diperkaya dengan taurin dengan konsentrasi yang berbeda sesuai dengan perlakuan, yaitu 0 mg/L media pengkaya (A), 25 mg/L (B), 50mg/L (C), dan 100mg/L (D). Hasil penelitian menunjukkan pengayaan taurin pada konsentrasi yang berbeda menyebabkan peningkatan kandungan taurin rotifera. Sementara pemberian rotifera yang diperkaya taurin hingga 50 mg/L meningkatkan kelangsungan hidup dan mempercepat perkembangan stadia larva udang. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemberian rotifera yang diperkaya taurin dengan konsentrasi 50 mg/L menghasilkan tingkat kelangsungan hidup tertinggi (53,5%) dan perkembangan larva yang tercepat ($p < 0,05$) dibandingkan perlakuan lainnya.

Kata kunci: taurin, rotifera, udang vanname, pengayaan

PENDAHULUAN

Udang vaname *Litopenaeus vannamei* merupakan salah satu produk perikanan unggulan Indonesia yang terus berkembang. Tingginya permintaan ekspor udang mendorong peningkatan kebutuhan akan benih udang sebagai salah satu input dalam budidaya udang. Salah satu upaya yang dilakukan untuk meningkatkan produksi benih udang adalah dengan meningkatkan kelangsungan hidup larva udang terutama

pada stadia kritis yaitu stadia zoea. Elovaara (2001) melaporkan bahwa kematian pada larva udang pada stadia zoea dapat mencapai 90%.

Peningkatan kelangsungan hidup pada stadia zoea diantaranya dilakukan dengan peningkatan kualitas pakan alami melalui pengayaan (*enrichment*). Pengayaan adalah pemberian nutrisi esensial bagi perkembangan larva, seperti taurin melalui bioenkapsulasi pada pakan alami seperti rotifera dan naupli *Artemia*. Birdsall (1998)

mengemukakan taurin adalah asam amino bebas yang merupakan turunan dari metabolisme metionina dan sisteina yang dalam proses metabolisme, berfungsi dalam konjugasi asam empedu, stabilisasi membran, dan osmoregulasi. Menurut Huxtable (1992) taurin juga mempunyai fungsi sebagai neurotransmitter di dalam sistem jaringan saraf pusat. Takeuchi (2001) memperlihatkan bahwa taurin sebagai elemen esensial tidak hanya dibutuhkan untuk pertumbuhan tetapi untuk kelangsungan hidup dari ikan Japanese flounder pada umumnya. Hasil penelitian Chen *et al.* (2004 dan 2005) pada larva red sea bream dan Japanese flounder menunjukkan bahwa pemberian rotifera yang diperkaya dengan taurin dapat meningkatkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup. Sementara Salze *et al.* (2011) melaporkan bahwa suplementasi taurin pada pakan sangat bermanfaat dalam perkembangan, pertumbuhan, dan kelangsungan hidup larva ikan cobia.

Rotifera merupakan jenis pakan alami yang cocok untuk stadia awal larva ikan laut dan udang (Dhert, 1996). Rotifera merupakan salah satu zooplankton yang mampu mengambil makanan yang ada di sekitarnya yang tersedia dalam bentuk partikel mikroorganik (*non selective filter feeder*) (Birdsall, 1998), sehingga kualitas nutrisi rotifera sangat dipengaruhi oleh jenis pakannya. Ukuran rotifera yang relatif lebih kecil daripada ukuran naupli *Artemia* memungkinkan pakan alami ini dapat dimakan oleh larva ikan atau udang lebih dini. Oleh sebab itu, kebutuhan nutrisi ikan atau udang dapat segera terpenuhi. Namun demikian, kandungan taurin yang terdapat dalam tubuh rotifera relatif lebih rendah (0,8–1,8 mg/g) dibandingkan *Artemia* (6,9 mg/g) (Takeuchi, 2001). Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan upaya peningkatan kadar taurin pada rotifera melalui proses pengayaan. Peningkatan kandungan taurin dalam rotifera diharapkan mampu meningkatkan kelangsungan hidup dan mempercepat perkembangan stadia larva udang vaname. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji kadar optimum taurin melalui pengayaan pada rotifera terhadap

tingkat kelangsungan hidup dan perkembangan stadia larva udang vaname.

BAHAN DAN METODE

Rancangan percobaan

Penelitian didesain dengan pola rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan masing-masing tiga kali pengulangan. Perlakuan yang diuji, yakni pengayaan rotifera dengan berbagai konsentrasi taurin, sebagai berikut:

1. perlakuan A: 0 g taurin/L (kontrol)
2. perlakuan B: 25 mg taurin/L
3. perlakuan C: 50 mg taurin/L
4. perlakuan D: 100 mg taurin/L

Pemeliharaan larva

Pemeliharaan larva dilakukan dengan menggunakan 12 unit bak fiber volume 500 L yang diisi 400 L air laut yang telah didisinfeksi. Larva udang vaname stadia naupli 6 (N-6) ditebar ke dalam masing-masing bak dengan kepadatan rata-rata 125 ekor/L. Pakan yang digunakan selama masa pemeliharaan berupa pakan alami *Skeletonema costatum* dan pakan buatan. Pada stadia zoea 2 (Z-2), larva udang pada masing-masing bak diberi pakan rotifera sesuai dengan perlakuan.

Larva dipelihara sampai sebagian besar mencapai stadia pasca larva (PL) atau sepuluh hari masa pemeliharaan. Setelah mencapai stadia PL dilakukan panen dan sampling penghitungan jumlah larva.

Penyediaan rotifera

Wadah yang digunakan untuk kultur rotifera adalah 15 unit bak fiber dengan volume 1500 L dan diisi 1000 L air laut dan 120 L inokulum *Nannochloropsis* dengan kepadatan 10^7 sel/mL. Setelah kultur *Nannochloropsis* mencapai tiga hari dilakukan diinokulasi dengan inokulum rotifera. Rotifera kemudian diberi pakan dua sampai tiga kali per hari berupa *Nannochloropsis* dan ragi dengan konsentrasi total $0,5 \text{ g}/10^6$ rotifera. Pemanenan dilakukan setelah rotifera mencapai kepadatan 100–350 individu/mL (3–5 hari setelah inokulasi).

Pengayaan rotifera diawali dengan mengumpulkan rotifera dari bak kultur

Tabel 1. Kisaran beberapa parameter kualitas air setiap perlakuan

Perlakuan (mg taurin/L)	pH	Oksigen terlarut (ppm)	Suhu (°C)	Total amonia nitrogen (ppm)	Alkalinitas (mg/L)
A (0)	7,73–8,07	4,05–4,95	30–31,7	0,11–2,28	97,68–149,26
B (25)	7,85–8,07	3,94–5,16	29,9–31,3	0,06–1,95	97,68–140,48
C (50)	7,77–8,03	4,0–4,81	29,6–31,6	0,09–2,22	115,44–131,7
D (100)	7,76–8,05	4,03–4,98	29,2–31,7	0,14–1,92	97,68–149,26

massal dalam wadah yang diisi dengan 10 L media pengaya dengan kepadatan 500 ind/mL. Selain taurin, pada media pengayaan juga ditambahkan 25 mg/L ragi roti, 10mg/L kuning telur, 0,05 ml/L minyak cumi yang dicampur hingga membentuk emulsi. Pengayaan rotifera dilakukan selama dua jam dengan pemberian aerasi. Selanjutnya rotifera yang telah diperkaya disaring dan dibilas dengan air laut dan siap diberikan kepada larva udang.

Pengelolaan air

Selama masa pemeliharaan (N-6–PL-1) tidak dilakukan pergantian air. Penambahan air hanya berasal dari pemberian pakan alami dan pakan buatan (sebagai pelarut). Parameter kualitas air diamati pada waktu stadia Z-2, M-2, dan PL-1. Kualitas air media pemeliharaan selama penelitian disajikan pada Tabel 1.

Analisis kimia

Analisis kandungan lemak, protein, kadar air, dan taurin dilakukan pada rotifera sebelum dan sesudah pengayaan. Analisis kadar air, lemak, dan protein dilakukan berdasarkan prosedur Takeuchi (1988) dan analisis taurin dilakukan berdasarkan Boren (1996).

Parameter pengamatan

Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah kelangsungan hidup, panjang larva, dan perkembangan stadia larva. Tingkat kelangsungan hidup dihitung berdasarkan jumlah larva pada awal dan akhir masa penelitian menurut Huisman (1987).

Sampling untuk pengamatan perkembangan stadia dilakukan setiap hari dengan mengambil 1 L air dari setiap ulangan media pemeliharaan larva dengan menggunakan gelas piala. Perkembangan stadia udang dilakukan dengan mengambil

30 ekor sampel udang secara acak dan diamati di bawah mikroskop. Pengukuran panjang PL dilakukan bersamaan dengan pengamatan perkembangan stadia dari ujung rostrum sampai ujung ekor.

Analisa statistik

Data yang diperoleh meliputi tingkat kelangsungan hidup dan panjang udang dianalisis ragam (ANOVA) untuk melihat pengaruh perlakuan konsentrasi pengayaan taurin. Kemudian dianalisis lanjut dengan BNJ untuk menentukan perlakuan yang terbaik. Data perkembangan stadia udang dianalisis secara deskriptif dengan membuat tabulasi dan grafik, serta membandingkan dengan literatur pembeding.

HASIL

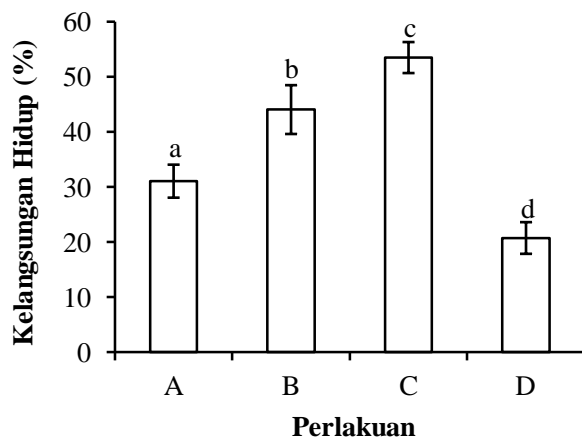
Hasil analisis kandungan lemak, protein, dan taurin pada rotifera dapat dilihat pada Tabel 2. Kandungan lemak dan protein di setiap perlakuan memperlihatkan nilai yang hampir sama, sedangkan nilai kandungan taurin memperlihatkan peningkatan dari perlakuan kontrol (0 mg taurin/L) sampai perlakuan C (50 mg taurin/L), yaitu sebesar 1,70–2,83 mg/g, sedangkan nilai kandungan taurin pada perlakuan D (100 mg taurin/L) lebih rendah dari perlakuan B (25 mg taurin/L) dan C (50 mg taurin/L), yaitu sebesar 2,27 mg/g.

Tabel 2. Kandungan lemak, protein, dan taurin (% bobot kering) pada rotifera

	Perlakuan (mg taurin/L)			
	A (0)	B (25)	C (50)	D (100)
Lemak (%)	19,2	20,64	19,3	22,1
Protein (%)	68,1	68,1	69,3	70,3
Taurin (mg/g)	1,70	2,46	2,83	2,26

Tingkat kelangsungan hidup larva udang vaname disajikan pada Gambar 1. Pemberian rotifera yang diperkaya dengan taurin 25 mg/L (perlakuan B) dan 50 mg/L (perlakuan

C) dapat meningkatkan kelangsungan hidup larva udang secara signifikan ($p < 0,05$) dengan nilai masing-masing sebesar $44,1 \pm 4,4\%$ dan $53,5 \pm 2,8\%$ dibandingkan dengan perlakuan kontrol dengan kelangsungan hidup $31,1 \pm 3,0\%$. Sementara peningkatan konsentrasi taurin dalam media pengayaan hingga 100 mg/g terlihat justru memberikan pengaruh yang negatif dengan tingkat kelangsungan hidup larva udang $20,7 \pm 2,9\%$ yang lebih rendah daripada perlakuan kontrol.



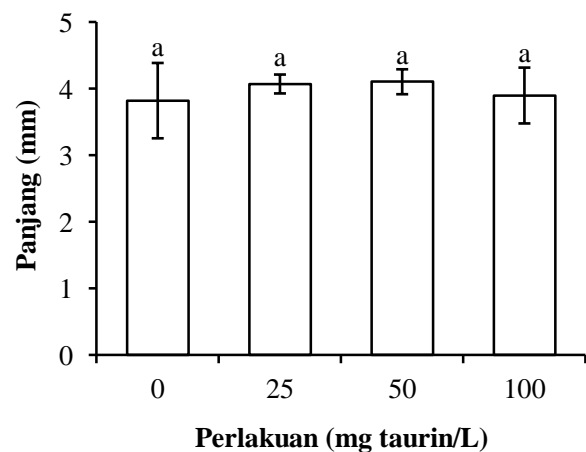
Gambar 1. Kelangsungan hidup (%) larva udang vaname *Litopenaeus vannamei* yang diberi pakan rotifera yang diperkaya dengan taurin pada dosis yang berbeda setelah dipelihara sampai pasca larva 1 (huruf yang berbeda menyatakan nilai rata-rata yang berbeda nyata, $p < 0,05$).

Stadia larva udang vaname pada akhir masa pemeliharaan disajikan pada Tabel 3. Stadia larva udang pada akhir masa pemeliharaan mencapai miosis 3 (M-3), PL-1, PL-2, dan PL-3. Persentase larva udang yang baru mencapai stadia M-3 tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol sebanyak 18,9%, sedangkan persentase larva udang yang telah mencapai stadia PL-3 tertinggi terdapat pada perlakuan C (50 mg taurin/L), yaitu 17,8%.

Pada Tabel 3 terlihat juga bahwa perkembangan larva udang yang diberi

rotifera yang diperkaya dengan 50 mg taurin/L (perlakuan C) lebih cepat dibandingkan perlakuan lain yang ditunjukkan oleh mayoritas larva udang (60%) yang sudah mencapai stadia PL-2. Peningkatan konsentrasi taurin hingga 100 mg/L pada perlakuan D (100 mg taurin/L) ternyata tidak memengaruhi perkembangan stadia larva udang. Hal ini ditunjukkan oleh tingginya persentase udang yang masih berada pada stadia di bawah PL-3 (97,8%).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa panjang PL-1 (Gambar 2) tidak berbeda nyata, dengan kisaran $3,8\text{--}4,1 \text{ mm}$ ($p > 0,05$).



Gambar 2. Panjang pasca larva 1 (mm) larva udang vaname *Litopenaeus vannamei* yang diberi pakan rotifera yang diperkaya dengan taurin pada dosis yang berbeda.

PEMBAHASAN

Hasil analisis kimia kandungan lemak pada rotifera untuk setiap perlakuan menunjukkan nilai yang cukup tinggi dan tidak adanya perbedaan. Kandungan lemak tubuh rotifera cukup tinggi, sehingga pengayaan dengan minyak cumi $0,5 \text{ mL/L}$ media pengkaya cukup memenuhi kebutuhan lemak untuk larva. Kebutuhan lemak untuk

Tabel 3. Stadia (%) larva udang vaname *Litopenaeus vannamei* yang diberi pakan rotifera yang diperkaya dengan taurin pada dosis yang berbeda pada akhir masa pemeliharaan

	Perlakuan (mg taurin/L)			
	A (0)	B (25)	C (50)	D (100)
M-3 (%)	$18,9 \pm 22,2$	-	-	$1,1 \pm 1,9$
PL-1 (%)	$60 \pm 5,1$	$67,8 \pm 20,3$	$22,2 \pm 8,4$	$77,8 \pm 19,5$
PL-2 (%)	$13,3 \pm 20,1$	$16,7 \pm 19,2$	$60 \pm 16,4$	$18,9 \pm 20,3$
PL-3 (%)	$7,8 \pm 8,4$	$15,6 \pm 1,9$	$17,8 \pm 5,1$	$2,2 \pm 3,9$

udang berkisar antara 9–15% (Muir & Robert 1994). Melihat kandungan protein pada rotifera di setiap perlakuan menunjukkan nilai yang cukup tinggi dan telah memenuhi kebutuhan protein pada larva. Kebutuhan protein optimum untuk pertumbuhan pada udang penaeid berkisar antara 28–60% (Lovell, 1989).

Peningkatan kandungan taurin rotifera terjadi akibat pengayaan, dari 1,71 mg/g pada perlakuan kontrol menjadi 2,46 mg/g dan 2,84 mg/100g pada perlakuan B (25 mg taurin/L) dan C (50 mg taurin/L). Namun demikian, peningkatan konsentrasi pengaya tidak secara linier meningkatkan kandungan taurin rotifera, seperti terlihat pada perlakuan D (100 mg taurin/L) yang justru mengalami penurunan kadar taurin, jika dibandingkan dengan perlakuan pengayaan lainnya. Penyebab hal ini belum dapat diketahui, namun diduga rotifera memiliki batas maksimum dalam menyerap taurin.

Nilai kelangsungan hidup pada perlakuan B (25 mg taurin/L) dan C (50 mg taurin/L) masing-masing sebesar 44,1%, dan 53,5%. Keadaan ini diduga berkaitan dengan kecukupan kadar taurin yang dikonsumsi larva, sehingga taurin dapat menjalankan fungsinya dengan maksimal. Taurin merupakan *osmolyte organic* yang penting dalam otak dan ginjal, serta mempunyai kontribusi yang penting dalam pengaturan volume sel khususnya tekanan *hypo* dan hiperosmolar, dimana pengaturan ini penting bagi perkembangan sistem saraf pusat dan retina (Kim *et al.*, 2003).

Fungsi metabolisme dari taurin meliputi konjugasi asam empedu, detoksifikasi, stabilisasi membran, dan osmoregulasi (Birdsall, 1998). Dalam kaitannya sebagai sumber energi, menurut Ronnsted *et al.* (1999) asam amino bebas yang terdapat pada kuning telur mencapai 50% dari total asam amino. Kuning telur tersebut digunakan oleh larva stadia awal sebagai sumber energi. Pada larva ikan laut penyerapan asam amino bebas lebih besar daripada penyerapan protein (Ronnsted *et al.*, 1999). Hal ini disebabkan karena asam amino bebas paling mudah diserap karena tidak membutuhkan enzim untuk memecah ikatan peptida.

Pemberian rotifera yang diperkaya taurin

dapat mempercepat perkembangan stadia perkembangan larva udang vaname. Hal ini dapat dilihat pada semua perlakuan taurin terutama pada perlakuan B (25 mg taurin/L) dan C (50 mg taurin/L) yang pada akhir masa pemeliharaan jumlah larva yang telah mencapai stadia PL-3 masing-masing sebesar 15,6% dan 17,8%, dan lebih tinggi daripada perlakuan kontrol (7,8%). Pemberian rotifera yang telah diperkaya dengan 50 mg taurin/L diduga telah menyumbangkan energi untuk kebutuhan larva terutama pada saat proses molting dan perkembangan stadia, sehingga jumlah kematian akibat gagal molting berkurang dan perkembangan stadia larva menjadi lebih cepat. Shiao & Chou (1994) melaporkan bahwa pemberian taurin dalam pakan juvenil udang windu meningkatkan pertumbuhan, konversi pakan, dan retensi protein.

Pengaruh pemberian rotifera yang diperkaya dengan taurin pada kelangsungan hidup dan perkembangan larva udang vaname terlihat tidak linier dengan peningkatan konsentrasi taurin. Hal ini ditunjukkan oleh kelangsungan hidup dan stadia perkembangan yang justru lebih rendah pada perlakuan dosis 100 mg taurin/L. Pada perlakuan tersebut kelangsungan hidup turun hingga 20,7% dan lebih rendah secara signifikan daripada kontrol. Sementara perkembangan stadia udang masih lebih baik daripada perlakuan kontrol namun lebih lambat daripada perlakuan pengayaan taurin lainnya, yaitu hanya mencapai 2,22% pada stadia PL-3 dan masih terdapat stadia M-3 sebesar 1,11%.

Menurut Birdsall (1998) kandungan taurin yang rendah akan menyebabkan pertumbuhan yang rendah, degenerasi retina dan keterlambatan dalam perkembangan stadia. Kemampuan ikan untuk mensintesis taurin bergantung dari spesies ikan dan akan berpengaruh terhadap perkembangan stadia. Hal ini dapat terjadi karena kurangnya aktivitas dari L-cysteine sulfinate decarboxylase yang merupakan kunci enzim untuk mengkonversi dari sisteina ke taurin (Martinez *et al.*, 2004). Chen *et al.* (2005) dalam penelitiannya bahwa larva yang diberi rotifera dengan bahan pengaya taurin memberikan pertumbuhan yang signifikan.

Sementara penelitian terbaru oleh Yue *et al.* (2012) melaporkan bahwa udang putih membutuhkan taurin sebagai nutrisi yang sangat penting dalam menunjang pertumbuhannya.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemberian rotifera yang diperkaya taurin dengan konsentrasi hingga 50 mg/L media pengkaya meningkatkan kelangsungan hidup dan mempercepat perkembangan stadia larva udang vaname.

DAFTAR PUSTAKA

- Birdsall TC. 1998. Therapeutic application of taurine. www.thorne.com/altmedrev/fulltext/taurine3-2.html. [15 Februari 2006].
- Boren JC, Lochmiller RL, Leslie DM. 1996. Relation of serum and muscle free amino acids to dietary protein in the Northern bobwhite. *Proceeding of the Oklahoma Academy of Science* 76: 55–65.
- Chen JN, Takeuchi T, Takahashi T, Tomoda T, Koiso M, Kuwada H. 2004. Effect of rotifers enriched with taurine on growth and survival activity of Red Sea Bream *Pagrus major* larvae. *Nippon Suisan Gakkaishi* 70: 542–547.
- Chen JN, Takeuchi T, Takahashi T, Tomoda T, Koiso M, Kuwada H. 2005. Effect of rotifers enriched with taurine on growth in larvae of Japanese Flounder *Paralichthy solivaceus*. www.miyagi.kopas.co.jp/JSFS/jsfs-english/E-PUB/71-3/p342.html. [10 Agustus 2006].
- Dhert P. 1996. Rotifers. *In: Lavens P and Sorgeloos (eds). Manual on the Production and Use of Live Food For Aquaculture*. Belgium: University of Ghent.
- Elovaara AK. 2001. *Shrimp Farming Manual*. USA: Caribbean Press LTD, British West Indies.
- Huisman EA. 1987. *Principles of Fish Production*. Netherlands: Departement of Fish Culture and Fisheries, Wageningen Agriculture University.
- Huxtable RJ. 1992. *Physiologyaction of Taurine*. Tucson, Arizona: Departement of Pharmacology, University of Arizona Colloge of Medicine.
- Kim SK, Takeuchi T, Masahito Y, Yuko M. 2003. Effect of dietary supplementation with taurine, β -alanine and gaba on the growth of juvenile and fingerling japanese flounder *Paralichthy solivaceus*. *Fisheries Science* 69: 242–248.
- Lovell T. 1989. *Nutrition and feeding of fish*. New York: Auburn University Van Reinhold. pp 21–217.
- Martinez B, Stavros C, Pascal D, Toshio T. 2004. Effect of dietary taurine supplementation on growth performance and feed selection of sea bass *Dicentrarchuslabrax* fry fed with demand-feeders. *Fisheries Science* 70: 74–79.
- Muir JF, Roberts RJ. 1994. *Recent Advances in Aquaculture*. Inggris: Institute of Aquaculture, Blackwell Science.
- Ronnsted I, Thorsen A, Finn RN. 1999. Fish larval nutrition: A review of recent advances in the roles of amino acids. *Aquaculture* 177: 210–216.
- Salze G, Craig SR, Smith BH, McLean E. 2011. Morphological development of larval cobia *Rachicentron canadum* and the influence of dietary taurine supplementation. *Journal of Fish Biology*: 78: 1470–1491.
- Shiau SY, Chou BS. 1994. Grass shrimp, *Penaeus monodon*, growth as influenced by dietary taurine supplementation. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 108A: 137–142.
- Takeuchi T. 1988. Laboratory work chemical evaluation of dietary nutrients. *In: Watanabe T (ed). Fish Nutrition and Mariculture*. Tokyo: Departement of Aquatic Bioscience, Tokyo University of Fisheries. pp 179–225.
- Takeuchi T. 2001. A review of feed development for early life stages of marine finfish in japan. *Aquaculture* 200: 203–222.
- Yue YR, Liu YJ, Tian LX, Gan L, Yang HJ, Liang GY, He JY. 2012. The effect of dietary taurine supplementation on growth performance, feed utilization and taurine contents in tissues of juvenile white shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone, 1931) fed with low-fishmeal diets. *Aquaculture Research*: 1–9.