

## Perkembangan Awal Larva Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L) dari Induk yang Diberi Pakan dengan Penambahan Kurkumin

Livana Dethris Rawung<sup>1)</sup>, Jacson Saruan<sup>2)</sup>, Debby J.J. Rayer<sup>1)</sup>,  
Emma Mauren Moko<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Manado, Kampus UNIMA Tondano, Indonesia

<sup>2)</sup>Balai Perikanan Budidaya Air Tawar Tatelu, Jl. Pinilih-Manado, Minahasa Utara, Indonesia  
email: [livanarawung@unima.ac.id](mailto:livanarawung@unima.ac.id)

### ABSTRAK

Perkembangan awal larva sangat dipengaruhi oleh ketersediaan makanan yang berasal dari kantung telurnya. Tidak terpenuhi nutrisi pada masa awal perkembangan dapat mempengaruhi perkembangan larva. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur diameter telur hasil pemijahan dan panjang badan pada awal perkembangan larva ikan mas dari induk yang diberi pakan dengan penambahan kurkumin. Penelitian ini menggunakan induk betina ikan mas yang diberikan suplementasi kurkumin pada beberapa dosis yaitu 0%; 0,25%; 0,5%; 1%; dan 2%. Ikan yang telah matang gonad kemudian dipijahkan. Telur yang telah terbuahi kemudian diambil untuk ditetaskan dan diamati perkembangan larvanya selama 2 hari setelah penetasan (hsp). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan suplementasi kurkumin dengan dosis 0,5% yang diberikan dalam pakan induk betina ikan mas memberikan nilai yang optimal terhadap diameter telur hasil pemijahan ( $p < 0,05$ ) dan panjang badan larva sampai pada umur 2 hsp ( $p < 0,05$ ), namun panjang mutlak larva sampai pada 2 hsp tidak menunjukkan adanya perbedaan antar perlakuan ( $p > 0,5$ ). Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa suplementasi kurkumin dengan konsentrasi 0,5% pada induk betina ikan mas dapat mengoptimalkan pertumbuhan larva pada awal kehidupannya.

**Kata kunci:** *Cyprinus carpio*; kurkumin; larva

## Early Development of Common Carp Larva from Broodstock Fed Diet Supplemented with Curcumin

### ABSTRACT

The early growth of the larva is greatly influenced by the availability of food from the egg yolk. Insufficiency of nutrition in the early stages of development can affect the development of larva. The purpose of this study was to know the early growth of larva from broodstock supplemented with curcumin. This study used the female broodstock of common carp that supplemented with curcumin at several doses; 0%; 0,25%; 0,5%; 1%; and 2%. The fishes that had been mature were spawned, and the fertilized eggs were taken to be hatched. The larva was observed for 2 days after hatching (dah). The results showed that the treatment of curcumin supplementation with a dose of 0,5% given in the common carp feed gave an optimal value for egg diameter ( $p < 0,05$ ) and body length of the larva until the age of 2 dah ( $p < 0,05$ ), but did not differ for absolute length growth ( $p > 0,05$ ).

**Keywords:** curcumin; *Cyprinus carpio*; larva

(Article History: Received 24-07-2021; Accepted 30-10-2021; Published 30-10-2021)

### PENDAHULUAN

Perkembangan individu baru sangat dipengaruhi oleh keadaan induknya (Cleveland *et al.*, 2020). Pada hewan ovipar seperti ikan ketersediaan pakan dalam telur sangat berperan penting. Hal tersebut

dikarenakan pakan endogen yang terdapat dalam telur berfungsi sebagai sumber energi untuk proses perkembangan embrio sampai pada tahap awal kehidupan larva. Pada tahap awal kehidupannya larva ikan belum memiliki kemampuan untuk memperoleh pakan yang bersumber dari lingkungan luar. Buka mulut

yang belum sempurna dan belum siapnya organ pencernaan larva ikan tersebut menjadi alasan utama sehingga diawal kehidupannya larva sangat bergantung pada pakan endogenya (Yufera & Darias, 2007).

Pada proses reproduksi ikan terdapat suatu tahapan yang disebut vitelogenesis. Vitelogenesis adalah proses sintesis, transport dan penyerapan vitelogenin oleh setiap oosit yang sedang berkembang. Vitelogenin itu sendiri merupakan prekursor kuning telur, yang nantinya akan dimanfaatkan sebagai pakan endogen oleh embrio dan larva pada awal kehidupannya untuk pertumbuhan dan perkembangan (Reading *et al.*, 2018).

Sintesis vitelogenin sangat dipengaruhi oleh keadaan fisiologis induk dan nutrisi yang tersedia (Reading *et al.*, 2017). Ikan mas merupakan ikan air tawar yang memiliki fekunditas yang tinggi. Pada jenis ikan mas sinyonya fekunditasnya antara 85.000-125.000 telur/kg induk dengan panjang 36 cm dan berat 2 kg (BSN, 1999a). Ikan mas jenis majalaya dengan panjang tubuh 35 cm dan berat tubuh 2.5 kg memiliki fekunditas yang sama dengan jenis sinyonya yaitu 85.000-125.000 telur/kg induk (BSN, 1999b). Fekunditas yang tinggi diduga memerlukan prekursor kuning telur yang lebih banyak untuk mengisi oosit. Banyak oosit yang sedang berkembang secara bersamaan membutuhkan pasokan vitelogenin pada waktu yang bersamaan dapat menyebabkan terganggunya fungsi hati sebagai tempat sintesis vitelogenin (Vg) karena sel-sel hati harus bekerja lebih keras. Keadaan tersebut melemahkan aktivitas fisiologis organ, sehingga mempercepat terjadinya degenerasi sel hati, dan diikuti dengan penurunan produksi vitelogenin (Dewi *et al.*, 2018a).

Kurkumin merupakan senyawa fenol yang memiliki aktivitas antioksidan dan berperan sebagai hepatoprotektor (Anand *et al.*, 2008). Selain itu kurkumin juga memiliki aktivitas sebagai fitoestrogen yang dapat menstimulasi reseptor estradiol (Bachmeier *et al.*, 2010). Senyawa hepatoprotektor ini dapat mencegah kerusakan sel-sel hati sehingga tetap mengoptimalkan fungsi fisiologis organ hati (Negi *et al.*, 2007). Pemberian bubuk kunyit nampak mengoptimalkan fungsi fisiologis sel hepatosit. Pada burung puyuh pemberian bubuk kunyit melalui pakan pada dosis 54 mg/ekor/hari menunjukkan peningkatan diameter hepatosit, kadar

vitelogenin darah dan indeks kuning telur (Saraswati *et al.*, 2013). Suplementasi kurkumin masing-masing 0.5 dan 1% dalam pakan protein 40% dengan periode waktu pemberian 2 dan 8 minggu terhadap ikan betook *Anabas testudineus* (Bloch) menunjukkan peningkatan status antioksidan terhadap hepatosit hepatopankreas dan terjadi peningkatan kandungan glutathione (Manju *et al.*, 2012). Peningkatan vaskularitas pada hati ikan yang disuplementasi kurkumin mengindikasikan bahwa kurkumin menginduksi vaskularitas parenkim hati. Hal tersebut memfasilitasi peningkatan suplai darah, sehingga tersedianya nutrisi yang banyak untuk hepatosit dan penyingkiran metabolit toksik dengan cepat (Manju *et al.*, 2013).

Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengukur diameter telur hasil pemijahan dan panjang badan pada perkembangan awal larva ikan mas yang berasal dari induk yang diberi pakan dengan penambahan kurkumin.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Ikan uji yang digunakan adalah induk betina ikan mas yang diberikan suplementasi kurkumin. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: kolam ikan dengan jaring ukuran lebar 2 x 2 m, tinggi 1,5 m, wadah pemeliharaan larva yang dilengkapi dengan aerator, dan mikroskop stereo kamera yang dilengkapi dengan mikrometer.

Bahan-bahan yang digunakan yaitu; pakan ikan komersil dengan kadar protein 33%, kurkumin dan carboxymethyl cellulose (CMC). Kurkumin yang digunakan dalam penelitian ini diproduksi oleh *Plamed Green Science Limited* dengan kadar 93.71%. Pencampuran kurkumin dan pakan komersial menggunakan cmc sebanyak 10% dari berat pakan sebagai pengikatnya.

### Prosedur Penelitian

#### Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan terdiri dari:

A = Kurkumin 0%.Kg<sup>-1</sup> pakan (kontrol)

B = Kurkumin 0.25%.Kg<sup>-1</sup> pakan

C = Kurkumin 0.5%.Kg<sup>-1</sup> pakan

D = Kurkumin 1% .Kg<sup>-1</sup> pakan

E = Kurkumin 2%.Kg<sup>-1</sup> pakan

### Pemeliharaan Induk

Sebelum digunakan induk dipijahkan terlebih dahulu dan diaklimatisasi selama satu minggu. Selama periode aklimatisasi, ikan diberi pakan dari perlakuan kontrol sebanyak 3% bobot tubuh per hari. Selanjutnya induk-induk diberi pakan uji pada pagi dan sore hari sesuai dengan perlakuan masing-masing sampai induk betina matang gonad.

### Pemijahan

Pemijahan dilakukan secara alami dimana disiapkan kolam khusus pemijahan dengan ratio antara induk betina dan jantan adalah 1:1 berdasarkan bobot tubuhnya, apabila berat induk 2 kg kemudian induk jantan 500 gram, maka diperlukan 4 induk jantan dengan dengan berat badan 500 gram untuk dikawinkan dengan 1 induk betina dengan berat 2 kg. Selanjutnya sebelum induk jantan dan induk betina dipertemukan dalam kolam pemijahan terlebih dahulu diletakkan kakaban yang berfungsi sebagai substrat melekatnya telur ikan mas. Induk jantan dan betina diletakkan bersama pada sore hari menjelang malam pada kolam pemijahan selanjutnya dibiarkan sampai pada besok paginya. Selanjutnya induk jantan dan betina dikeluarkan dan dipisahkan.

### Penetasan Telur

Telur yang telah dibuahi ditetaskan dalam akurium kaca masing-masing 15x15x15 cm dilengkapi dengan pipa-pipa aerasi. Air diberi metilen dengan dosis 0,05 ml/l untuk mencegah timbulnya jamur. Telur hasil ovulasi dari satu induk diletakkan pada lempengan kaca 10x10 cm sebanyak 100-150 butir dan ditempatkan pada satu akuarium.

### Pengamatan larva

Pengamatan larva dilakukan setelah telur menetas. Parameter yang diamati adalah perkembangan tubuh larva. Diameter kuning telur diukur melalui jarak melintang dan membujur dan pengukuran panjang larva dengan menggunakan mikroskop stereo kamera dilakukan terhadap 10 ekor larva pada setiap ulangan dari masing-masing perlakuan.

### Parameter yang diamati:

1. Diameter telur. Telur yang diambil difiksasi dalam larutan BNF 10%. Diameter telur diukur dengan menggunakan mikroskop stereo kamera
2. Perkembangan larva. Pengukuran terhadap larva dilakukan ketika larva baru saja menetas, yang terdiri dari:
  - a. Panjang larva pada hari pertama menetas (0 hsp) sampai hari ketiga (2 hsp) yang diamati dengan menggunakan mikroskop stereo kamera
  - b. Pertumbuhan mutlak larva (Lp). Pertumbuhan mutlak adalah ukuran rata-rata pada umur tertentu dan dihitung dengan rumus Effendie 1979 dalam Effendi *et al.* (2006) sebagai berikut :
 
$$Lp = Lt - Lo$$
 dimana:
    - Lp = pertumbuhan panjang total (mm)
    - Lt = panjang total (mm) pada waktu t
    - Lo = panjang total awal (mm)
  - c. Volume kuning telur. Volume kuning telur (V) dihitung menggunakan rumus Hemming dan Buddington (1998) dalam Pramono *et al.* (2006), yaitu sebagai berikut:

$$V = \frac{\pi}{6} LH^2$$

dimana:

V = volume kuning telur (mm<sup>3</sup>)

L = diameter kuning telur memanjang (mm)

H = diameter kuning telur memendek (mm)

### Analisis Data

Data diameter telur, panjang dan lebar kuning telur prolarva dan panjang badan larva dianalisis secara statistik dengan menggunakan analisis ragam taraf kepercayaan 95%. Jika atau nampak berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji BNJ (Beda Nyata Jurjur). Alat bantu yang digunakan dalam pengelolaan data statistik menggunakan program Minitab 16. Parameter berupa kualitas air dianalisis secara deskriptif.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis pada Tabel 1 nampak bahwa suplementasi kurkumin berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap diameter telur ikan mas. Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian kurkumin dapat meningkatkan diameter telur hasil pemijahan. Setelah telur menetas, hasil uji statistik menunjukkan bahwa pemberian

kurkumin pada induk berpengaruh nyata terhadap volume kuning telur larva pada 0 hari setelah penetasan (hsp) ( $p < 0,05$ ), dan demikian pula hasil yang sama ditunjukkan pada parameter panjang badan larva pada 0 hari setelah penetasan (hsp) ( $p < 0,05$ ).

Pada tabel 2 nampak bahwa terdapat perbedaan nyata ( $p < 0,05$ ) dari volume kuning telur pada 1 hsp. Perlakuan 0,5% kurkumin

memiliki volume kuning telur tertinggi, dan yang terendah pada perlakuan kurkumin 2%. Selanjutnya berdasarkan hasil rata-rata panjang badan larva pada 1 hsp menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata ( $p < 0,05$ ) pada setiap perlakuan. Perlakuan 0,5% kurkumin memberikan nilai rata-rata panjang badan yang tertinggi dan perlakuan 0% kurkumin (kontrol) memberikan nilai terendah.

**Tabel 1.** Diameter telur setelah memijah, volume kuning telur dan panjang badan larva 0 hsp (hari setelah penetasan)

Perlakuan				
A	B	C	D	E
Diameter telur hasil pemijahan (mm)				
1.63±0.11 <sup>b</sup>	1.64±0.12 <sup>b</sup>	1.70±0.12 <sup>a</sup>	1.68±0.1 <sup>ab</sup>	1.65±0.1 <sup>ab</sup>
Diameter telur hasil pemijahan (mm)				
2.69±1.25 <sup>a</sup>	1.63±0.42 <sup>b</sup>	1.46±0.22 <sup>b</sup>	1.68±0.35 <sup>b</sup>	1.67±0.32 <sup>b</sup>
Panjang badan larva 0 hsp (mm)				
4.59±0.25 <sup>b</sup>	4.76±0.47 <sup>b</sup>	5.19±0.35 <sup>a</sup>	5.01±0.33 <sup>ab</sup>	4.91±0.17 <sup>ab</sup>

Keterangan: Data yang ditampilkan merupakan nilai rata-rata ± standar deviasi. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ( $p < 0,05$ )

**Tabel 2.** Volume kuning telur dan panjang badan larva 1 hsp, panjang badan larva 2 hsp, dan pertumbuhan mutlak sampai 2 hsp

Perlakuan				
A	B	C	D	E
Volume kuning telur larva 1 hsp (mm <sup>3</sup> )				
0.69±0.19 <sup>ab</sup>	0.78±0.17 <sup>ab</sup>	0.86±0.21 <sup>a</sup>	0.58±0.16 <sup>b</sup>	0.58±0.12 <sup>b</sup>
Panjang badan larva 1 hsp (mm)				
5.73±0.21 <sup>b</sup>	5.97±0.5 <sup>ab</sup>	0.36±0.29 <sup>a</sup>	6.28±0.31 <sup>a</sup>	6.17±0.16 <sup>ab</sup>
Panjang badan larva 2 hsp (mm)				
6.64±0.27 <sup>b</sup>	6.78±0.13 <sup>ab</sup>	6.99±0.3 <sup>a</sup>	6.99±0.23 <sup>a</sup>	6.0±0.15 <sup>b</sup>
Pertumbuhan mutlak larva sampai 2 hsp				
2.05±0.12	2.02±0.42	1.81±0.46	1.99±0.53	1.98±0.24

Keterangan: Data yang ditampilkan merupakan nilai rata-rata ± standar deviasi. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ( $p < 0,05$ )

Hasil analisis panjang badan larva pada 2 hsp nampak berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap setiap perlakuan. Perlakuan 0,5% kurkumin memiliki rata-rata panjang badan larva tertinggi dan perlakuan 0% kurkumin memiliki panjang badan terendah. Sedangkan pada parameter pertumbuhan mutlak prolarva sampai 2 hsp tidak menunjukkan adanya perbedaan ( $p > 0,05$ ).

Peningkatan diameter telur hasil pemijahan pada kelompok perlakuan yang disuplementasi kurkumin dapat disebabkan oleh karena bioaktivitas kurkumin sebagai

hepatoprotektor, dan antioksidan (Dewi et al., 2018a) yang secara nyata dapat melindungi organ hati selama proses reproduksi pada hewan ovipar (Kasiyati et al., 2016; Saraswati et al., 2013, Rawung et al., 2021). Hal tersebut kemudian dapat mengoptimalkan proses biosintesis vitellogenin (Dewi et al., 2018b). Vitellogenin sendiri merupakan prekursor kuning telur yang disintesis di hati yang kemudian didistribusikan ke gonad untuk ditimbun di dalam oosit yang sedang berkembang untuk kemudian akan diubah menjadi komponen penyusun kuning telur

(Reading *et al.*, 2018). Selain itu, bioaktivitas kurkumin sebagai fitoestrogen juga dapat mempengaruhi proses sintesis vitellogenin (Dewi *et al.*, 2018a). Hal ini disebabkan oleh karena senyawa fitoestrogen tersebut dapat berikatan pada reseptor estradiol yang terdapat pada sel-sel hepatosit hati (Lecomte *et al.*, 2017) yang kemudian menstimulasi sel-sel tersebut untuk mulai mensintesis vitellogenin (Cerda *et al.*, 1996).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa diameter telur yang dihasilkan dapat mempengaruhi perkembangan dan pertumbuhan diawal kehidupan larva. Ukuran diameter telur dapat menjadi indikator banyaknya nutrisi yang tersedia. Ketersediaan nutrisi yang cukup dapat mengoptimalkan proses pertumbuhan dan perkembangan individu, baik selama proses embriogenesis maupun sampai pada awal kehidupannya. Namun hasil pertumbuhan mutlak larva menunjukkan bahwa pemberian suplementasi kurkumin pada induk tidak secara nyata mempengaruhi pertumbuhan larva setelah menetas sampai pada larva berumur 2 hsp. Pengamatan larva sampai umur 2 hsp nampaknya belum cukup untuk dapat menentukan apakah ada pengaruh yang signifikan dari pemberian suplementasi kurkumin pada induk terhadap larva yang dihasilkan. Penelitian lanjutan diharapkan dapat memperkuat hipotesis yang ada.

## KESIMPULAN

Suplementasi kurkumin terhadap induk ikan mas mampu mengoptimalkan pertumbuhan individu baru pada awal kehidupannya dengan menyediakan sumber pakan endogen yang cukup. Suplementasi kurkumin 0,5% pada induk menunjukkan hasil yang lebih optimal dibandingkan perlakuan lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anand, P., Sundaram, C., Jhurani, S., Kunnumakkara, A.B. & Aggarwal, B.B. 2008. Curcumin and cancer: an “old-age” disease with and “age-old” solution. *Cancer letters*, **267**: 133-164.
- Bachmeier, B.E., Mirisola, V., Romeo, F., Generoso, L., Esposito, A., Dell’Eva, R., Blengio, F., Killian, P.H., Albini, A., & Pfeffer, U. 2010. Reference profile correlation reveals estrogen-like transcriptional activity of curcumin. *Cell Physiol Biochem*, **26**:471-482.
- BSN. 1999a. SNI: 01-6134-1999 tentang induk ikan mas (*Cyprinus carpio* Linnaeus) strain sinyonya kelas induk pokok (parent stock). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. 1999b. SNI: 01-6130-1999 tentang induk ikan mas (*Cyprinus carpio* Linnaeus) strain majalaya kelas induk pokok (parent stock). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Cerda, J., Calman, B.G., LaFleur Jr, G.J. & Limesan, S. 1996. Pattern of vitellogenesis and follicle maturational competence during the ovarian follicular cycle of *Fundulus heteroclitus*. *Gen. Comp. Endocrinol*, **103**(1): 24-35.
- Cleveland, B.M., Leeds, T.D., Picklo, M.J., Brentesen, C., Frost, J. & Biga, P.R. 2020. Supplementing rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) broodstock diets with choline and methionine improves growth in offspring. *Journal of the World Aquaculture Society*, **51**(1): 266-281.
- Dewi, C.D., Manalu, W., Ekastuti, D.R. & Sudrajat, A.O. 2018a. The role of the turmeric powder supplementation in improving liver performance to support the production of siam catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Omni-Akuatika*, **14**(1): 44-53.
- Dewi, C.D., Manalu, W., Ekastuti, D.R. & Sudrajat, A.O. 2018b. Improved vitellogenesis, gonad development and egg diameter in catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) supplemented with turmeric (*Curcuma longa*) powder. *Aquaculture Research*, **49**(2) : 651-658.
- Effendie, M.I. 1997. Biologi Perikanan. Yayasan Pustaka Nusatama, Yogyakarta.
- Effendi, I.N.J, Bugri & Widanarni. 2006. Pengaruh padat penebaran terhadap kelangsungan hidup dan pertumbuhan benih ikan gurami *Osphronemus gourami* ukuran 2 cm. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, **5**(2): 127-135.

- Kasiyati, Sumiati, Ekastuti, D.R. & Manalu, W. 2016. Roles of curcumin and monochromatic light in optimizing liver function to support egg yolk biosynthesis in magelang duck. *Int. Poult. Sci.*, **15**: 414-424.
- Lecomte, S., Demay, F., Ferriere, F. & Pakdel, F. 2017. Phytochemicals targeting estrogen receptors: beneficial rather than effects?. *International Journal of Molecular Sciences*, **18(7)**: 1381.
- Manju, M., Akbarsha, M.A. & Oommen, O.V. 2012. In vivo protective effect of dietary curcumin in fish *Anabas testudineus* (Boch). *Fish Physiology and Biochemistry*. **38(2)**: 309-318.
- Manju, M., Vijayasree, A.S., Akbarsha, M.A., & Oommen, O.V. 2013. Effect of curcumin supplementation on hepatic, renal and intestinal organization of *Anabas testudineus* (Bloch) : Light and electron microscopic studies. *J. Endocrinol Reprod.*, **17(2)**: 83-89.
- Negi, A.S., Kumar, J.K., Luqman, S., Shanker, K., Gupta, M.M. & Khanuja, S.P.S. 2007. Recent Advances in Plant Hepatoprotectives: A Chemical and Biological Profile of Some Important Leads. *Medical Research Reviews*, **28(5)**: 746-722.
- Pramono, T.B. & Marnani, S. 2006. Pola penyerapan kuning telur dan perkembangan organogenesis pada stadia awal larva ikan brek (*Puntius orphoides*) [Skripsi]. Program Sarjana Perikanan dan Kelautan Universitas Soedirman. Purwakarta.
- Rawung, L.D., Ekastuti, D.R., Sunarma, A., Junior, M.Z., Rahminiwati, M., & Manalu, W. 2021. Effectivity of curcumin and thyroxine supplementation for improving liver function to support reproduction of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Jordan Journal of Biological Sciences*. **14(1)**: 121-128.
- Reading, B.J., Sullivan, C.V. & Schilling, J. 2017. Vitellogenesis in Fishes. Elsevier Inc.
- Reading, B.J., Andersen, L.K., Ryu, Y.W., Mushirobira, Y., Todo, T. & Hiramatsu, N. 2018. Oogenesis and egg quality in finfish: yolk formation and other factors influencing female fertility. *Fishes*, **3**, **45**.
- Saraswati, T.R., Manalu, W., Ekastuti, D.R. & Kusumorini, N. 2013. Increased egg production of Japanese quail (*Cortunix japonica*) by improving liver function through turmeric powder supplementation. *International Journal of Poultry Science*, **12(10)**: 601-614.
- Yufera, M. & Darias, M.J. 2007. The onset of feeding in marine fish larvae. *Aquaculture*, **268**: 53-63.