

**Pengaruh Suplementasi Kurkumin dan Injeksi Hormon Tiroksin pada Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L) Terhadap Konsentrasi Hormon Tiroksin dan Laju Pertumbuhan Spesifik**

**Effect of the Curcumin supplementation and the Injection of Thyroxine Hormone in Common Carp (*Cyprinus carpio* L) to the Concentration of Thyroxine and Specific Growth Rate**

**Livana Dethris Rawung\*, Christny Ferdina Evie Rompas**

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Manado,  
Jl Kampus Unima, Tonsaru, Tondano Selatan, Sulawesi Utara, Indonesia

\*Email : livanarawung@unima.ac.id

Diterima 31 Mei 2022 / Disetujui 31 Oktober 2022

**ABSTRAK**

Hormon tiroksin merupakan salah satu jenis hormon tiroid yang berperan penting dalam merangsang pertumbuhan dan perkembangan gonad. Sedangkan kurkumin merupakan senyawa bioaktif yang dapat meningkatkan proses reproduksi pada ikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil konsentrasi hormon tiroksin dan pertumbuhan spesifik ikan uji yang diberi suplementasi kurkumin dan penyuntikan hormon tiroksin. Ikan mas betina yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 40 ekor. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan faktorial 4 x 2. Faktor pertama adalah dosis kurkumin yang terdiri dari 4 konsentrasi (0; 2.5; 5; 10 g curcumin/kg feed), dan faktor kedua adalah hormon tiroksin yang terdiri dari 2 konsentrasi (0 dan 0.1  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  bobot badan). Secara statistik data hasil penelitian menunjukkan bahwa suplementasi kurkumin dan penyuntikan hormon tiroksin berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap konsentrasi hormon tiroksin dan laju pertumbuhan spesifik. Penelitian ini menunjukkan bahwa injeksi hormon tiroksin dan suplementasi kurkumin dapat meningkatkan konsentrasi hormon tiroksin dalam serum, dan hasil ini juga menunjukkan bahwa status reproduksi ikan uji berpengaruh terhadap peningkatan konsentrasi hormon tiroksin dan laju pertumbuhan spesifik.

*Kata kunci : kurkumin; ikan mas; tiroksin; laju pertumbuhan spesifik*

**ABSTRACT**

Thyroxine hormone is one type of thyroid hormone that plays an important role in stimulating growth and gonad development. Otherwise, curcumin is a bioactive compound that can improve the process of reproduction in fish. The aim of this study is to know the profile of the thyroxine hormone concentration and specific growth of tested fish given supplementation of curcumin and injection of thyroxine hormone. 40 female carp were used in this study. The experimental design used was a completely randomized design with a 4 x 2 factorial. The first factor was the dose of curcumin (0; 2.5; 5; 10 g curcumin/kg feed), and the second factor was thyroxine hormone (0 and 0.1  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  body weight). Statistically, showed that the supplementation of curcumin and injection of thyroxine hormone had a significant effect ( $p < 0.05$ ) on the concentration of the thyroxine hormone and the specific growth rate. This study showed that the injection of the thyroxine hormone and supplementation of curcumin can increase the concentration of the thyroxine concentration in serum, and these results also showed that the reproduction status of the tested fish also influenced the increase of the thyroxine hormone concentration in serum and the specific growth rate (SGR).

*Keywords : curcumin; Cyprinus carpio; thyroxine, specific growth rate*

## **PENDAHULUAN**

Tiroksin merupakan golongan hormon tiroid. Hormon tiroid adalah penentu utama metabolisme sel dan mengatur berbagai jalur yang terlibat dalam metabolisme protein, lipid, dan karbohidrat di beberapa jaringan target. Hormon tiroid juga merupakan pengatur utama respirasi mitokondria dan biogenesis. Metabolisme energi adalah salah satu target aksi hormon tiroid yang paling dikenal (Yavuz *et al.*, 2019). Reseptor hormon tiroid ada di mana-mana, dan hormon tiroid berinteraksi dan memengaruhi sebagian besar jalur metabolisme di hampir semua sistem di seluruh kehidupan organisme (Cicatiello *et al.*, 2018). Hormon tiroid telah dikenal tidak hanya sebagai penentu utama laju metabolisme dalam homeoterm tetapi juga sebagai sinyal utama untuk pengaturan beragam proses pertumbuhan dan perkembangan dan pematangan pada vertebrata (Brown *et al.*, 2014).

Hormon tiroid mengatur banyak aspek dari sistem reproduksi, termasuk pembentukan gamet dan steroid, dan perilaku seksual pada jantan dan betina. Menurut Deal dan Volkoff (2020), ada bukti pada ikan bahwa hormon tiroid meningkatkan spermatogenesis dan sekresi androgen pada jantan dan sekresi estrogen dan progesteron pada betina. Hasil yang diperoleh pada ikan mas menunjukkan bahwa peningkatan hormon tiroid dapat mengurangi fungsi reproduksi secara keseluruhan. Karena hormon tiroid mempengaruhi metabolisme dan diketahui merangsang pertumbuhan pada sebagian besar spesies, kemungkinan peningkatan kadar hormon tiroid dapat mengalihkan energi dari reproduksi dan meningkatkan fungsi somatotropik (Habibi *et al.*, 2012). Tidak hanya berperan dalam indukan, tetapi hormon tiroid telah diketahui memiliki peran penting dalam perkembangan awal ikan dan diketahui juga terdapat pada telur dan larva yang baru menetas serta dapat mempengaruhi kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan. Hormon tiroid yang berasal dari induk betina disimpan dalam kuning telur ikan dan bermanfaat dalam mempercepat diferensiasi sistem organ larva sampai larva mampu memfungsikan sistem endokrinnya sendiri (Brown *et al.*, 2014).

Kurkumin merupakan komponen fitokimia polifenol dan hidrofobik oranye-kuning dari ramuan kunyit yang memiliki sifat farmakologis dan biologis yang substansial, seperti; antioksidan, anti-inflamasi, antimikroba, kemoprotektif, hepatoprotektif, anti-kanker, gastroprotektif, dan sifat saraf, dan juga terlibat dalam promosi pertumbuhan (Alagawany *et al.*, 2021; Saraswati, 2015). Pada hewan ovipar, kurkumin telah menunjukkan efek yang baik untuk mengoptimalkan reproduksi. Suplementasi kurkumin pada ayam petelur pada kondisi cekaman panas menunjukkan bahwa kurkumin dapat meningkatkan kinerja produktivitas, aktivitas enzim antioksidan, dan fungsi imun (Liu *et al.*, 2020). Suplementasi bubuk kunyit yang mengandung kurkumin pada puyuh jepang dapat mengoptimalkan perkembangan embrio puyuh (Saraswati & Tana, 2016). Pada ikan lele dumbo, suplementasi kurkumin saja atau dikombinasikan dengan hormon tiroksin dapat meningkatkan kualitas dan produktivitas telur (Rawung *et al.*, 2020). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil hormon tiroksin dan laju pertumbuhan spesifik induk ikan mas betina yang diberi suplementasi kurkumin selama masa reproduksi dan penyuntikan hormon tiroksin.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian dilakukan di Balai Perikanan Budidaya Air Tawar, Tatelu. Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Biologi, Universitas Negeri Manado. Analisis konsentrasi hormon tiroksin dilakukan di Laboratorium Pusat Studi Primata, Institut Pertanian Bogor.

Ikan percobaan yang digunakan adalah indukan betina ikan mas (*Cyprinus carpio L*) betina. Sebanyak 40 ekor ikan mas betina dipelihara dalam delapan jaring berukuran 2x2x1,5 m<sup>3</sup> dan masing-masing jaring berisi lima ekor ikan. Aklimatisasi dilakukan selama seminggu. Pakan percobaan diberikan dengan mencampur ransum komersial (33% protein) dengan kurkumin sesuai dengan dosis perlakuan. Kurkumin yang digunakan dalam percobaan ini diproduksi oleh Plamed Green Science Limited dengan konsentrasi kurkumin 93,71 %. Kurkumin

ditambahkan ke dalam pakan komersial yang dicampur dengan CMC. Hormon tiroksin yang digunakan adalah tablet levothyroxine sodium/euthyrox (MERCK).

### Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan faktorial 4x2. Faktor pertama adalah dosis suplementasi kurkumin yang terdiri dari empat konsentrasi yaitu 0; 2,5; 5; 10 gr kurkumin/kg pakan. Faktor kedua adalah dosis hormon tiroksin yang terdiri dari dua konsentrasi yaitu 0 dan 0,1 g.g<sup>-1</sup> bobot badan (bb). Setiap perlakuan terdiri dari 5 ulangan (setiap individu merupakan ulangan).

### Prosedur Percobaan

Perlakuan pakan dilakukan selama 120 hari pemeliharaan ikan, sedangkan penyuntikan hormon tiroksin dilakukan pada hari ke tujuh dan ke empat belas pemeliharaan. Pengambilan sampel darah dilakukan pada hari pemeliharaan ke 60, 90, dan 120. Sebelum pengambilan darah, ikan dibius. Darah yang terkumpul dimasukkan ke dalam tabung polietilen dan disentrifus dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit pada suhu 4 °C untuk diambil serumnya. Serum digunakan untuk menganalisis konsentrasi hormon tiroksin. Konsentrasi hormon tiroksin dalam serum ditentukan dengan metode *enzym linked immunosorbent assay* (ELISA) menggunakan kit hormon tiroksin merek DRG. Pengukuran bobot badan ikan dilakukan setiap bulan sekali.

### Analisis Data

Data penelitian dianalisis untuk mengetahui pola sebaran dan homogenitasnya. Jika hasil analisis data menunjukkan pola distribusi normal dan homogen, maka analisis varians (ANOVA) dilanjutkan pada taraf kepercayaan 95%. Perbedaan rata-rata perlakuan diuji dengan menggunakan uji Tukey simultan. Semua hasil yang berbeda nyata dinyatakan dengan  $p < 0,05$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Konsentrasi Hormon Tiroksin Dalam Serum

Analisis varians pada tingkat kepercayaan 95% data konsentrasi hormon tiroksin dalam serum menunjukkan bahwa suplementasi kurkumin dan injeksi hormon tiroksin berpengaruh signifikan. Rerata nilai hormon tiroksin pada beberapa kali pemeliharaan ikan disajikan pada Tabel 1.

Secara statistik kadar tiroksin pada hari ke-60 menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kurkumin dan tiroksin serta interaksinya ( $P < 0,05$ ). Penyuntikan hormon tiroksin tampak meningkatkan konsentrasi tiroksin dalam serum pada hari ke-60 sebesar 79,36% dibandingkan dengan perlakuan tanpa penyuntikan tiroksin. Kelompok yang diberi kurkumin dosis 2,5 g.kg<sup>-1</sup> pakan memiliki konsentrasi tiroksin serum tertinggi dibandingkan kelompok yang diberi dosis kurkumin 5 g.kg<sup>-1</sup> pakan dan 10 g.kg<sup>-1</sup> pakan. Sementara itu, interaksi antara tiroksin dan kurkumin menunjukkan bahwa kadar hormon tiroksin dalam serum tertinggi ditemukan pada kelompok perlakuan dengan dosis kurkumin 5 g.kg<sup>-1</sup> pakan yang dikombinasikan dengan injeksi tiroksin 0,1 g.g<sup>-1</sup>bb dan pada kelompok perlakuan dengan kurkumin 2,5 g.kg<sup>-1</sup> pakan yang dikombinasikan dengan tiroksin 0,1 g.g<sup>-1</sup>bb. Pada hari ke-90 masih menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kelompok kurkumin dan tiroksin ( $P < 0,05$ ), namun tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara interaksi tiroksin dan kurkumin ( $P > 0,05$ ). Injeksi hormon tiroksin secara signifikan dapat mempengaruhi kadar tiroksin dalam serum dan meningkatkan konsentrasi hormon tiroksin dalam serum sebesar 44,32% dibandingkan perlakuan tanpa injeksi hormon tiroksin. Kadar hormon tiroksin pada hari ke 120 melalui analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan yang sangat signifikan ( $P < 0,01$ ) antara perlakuan kurkumin dan interaksinya dengan tiroksin. Namun, tidak ada perbedaan yang signifikan ( $P > 0,05$ ) antara kelompok tiroksin.

Tabel 1. Konsentrasi hormon tiroksin dalam serum (nmol/L) pada beberapa waktu pengambilan sampel

Waktu pengambilan sampel	Dosis injeksi tiroksin ( $\mu\text{g/g}$ bb)	Dosis kurkumin (g/kg pakan)				Rataan
		0	2,5	5	10	
Setelah 60 hari pemeliharaan	0	10,82 $\pm$ 0,19 <sup>cd</sup>	10,80 $\pm$ 0,56 <sup>cd</sup>	7,14 $\pm$ 0,49 <sup>d</sup>	10,19 $\pm$ 0,71 <sup>cd</sup>	9,74 <sup>b</sup>
	0,1	16,48 $\pm$ 1,45 <sup>ab</sup>	19,26 $\pm$ 1,98 <sup>a</sup>	21,00 $\pm$ 1,39 <sup>a</sup>	13,17 $\pm$ 0,44 <sup>bc</sup>	17,47 <sup>a</sup>
	Rataan	13,65 <sup>ab</sup>	15,03 <sup>a</sup>	14,07 <sup>b</sup>	11,68 <sup>b</sup>	
Setelah 90 hari pemeliharaan	0	8,29 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup>	6,89 $\pm$ 0,77 <sup>a</sup>	9,47 $\pm$ 0,83 <sup>a</sup>	13,71 $\pm$ 1,49 <sup>a</sup>	9,59 <sup>b</sup>
	0,1	13,32 $\pm$ 2,05 <sup>a</sup>	12,37 $\pm$ 1,99 <sup>a</sup>	15,53 $\pm$ 0,61 <sup>a</sup>	14,15 $\pm$ 0,34 <sup>a</sup>	13,84 <sup>a</sup>
	Rataan	10,81 <sup>ab</sup>	9,63 <sup>b</sup>	12,50 <sup>ab</sup>	13,93 <sup>a</sup>	
Setelah 120 hari pemeliharaan	0	10,96 $\pm$ 0,24 <sup>cd</sup>	10,18 $\pm$ 0,31 <sup>d</sup>	15,78 $\pm$ 0,56 <sup>bc</sup>	23,02 $\pm$ 0,53 <sup>a</sup>	14,98 <sup>a</sup>
	0,1	15,75 $\pm$ 0,49 <sup>bc</sup>	18,17 $\pm$ 1,99 <sup>ab</sup>	9,73 $\pm$ 1,69 <sup>d</sup>	15,60 $\pm$ 0,45 <sup>bc</sup>	14,81 <sup>a</sup>
	Rataan	13,35 <sup>b</sup>	14,18 <sup>b</sup>	12,75 <sup>a</sup>	19,31 <sup>a</sup>	

Keterangan: huruf yang berbeda pada kolom dan baris yang sama menunjukkan perbedaan signifikan antar perlakuan ( $P < 0.05$ ).

Konsentrasi hormon tiroksin yang digunakan untuk injeksi dalam penelitian ini adalah dosis rendah. Penelitian yang dilakukan oleh Iromo *et al.*, (2015), menunjukkan bahwa suplementasi hormon tiroksin dosis rendah pada kepiting bakau dapat meningkatkan konsentrasi hormon tiroksin dalam serum. Regulasi hormon tiroid dimulai di hipotalamus. Hipotalamus melepaskan thyrotropin-releasing hormone (TRH) ke dalam sistem portal hipotalamus-hipofisis ke kelenjar hipofisis anterior. TRH merangsang sel tiotropin di hipofisis anterior untuk melepaskan thyroid-stimulating hormone (TSH). TSH dilepaskan ke dalam darah dan berikatan dengan reseptor hormon pelepas tiroid (TSH-R) pada aspek basolateral sel folikel tiroid. Kelenjar tiroid, kelenjar hipofisis anterior, dan hipotalamus terdiri dari sirkuit pengaturan diri yang disebut sumbu hipotalamus-hipofisis-tiroid. Hormon utama yang dihasilkan oleh kelenjar tiroid adalah tiroksin atau tetraiodotironin (T4) dan triiodotironin (T3). Thyrotropin-releasing hormone (TRH) dari hipotalamus, thyroid-stimulating hormone (TSH) dari kelenjar hipofisis anterior, dan T4 bekerja secara sinkron untuk mempertahankan mekanisme umpan balik dan homeostasis yang tepat. Peningkatan T4 dan T3 bebas menghambat pelepasan TRH dan TSH melalui loop umpan balik negatif (Shahid *et al.*, 2021). Oleh karena itu, tampak dalam penelitian ini bahwa pemberian hormon tiroksin pada dosis rendah tidak

menimbulkan umpan balik negatif tetapi diduga sebaliknya menunjukkan kondisi umpan balik positif.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa kondisi ikan uji yang sedang dalam masa reproduksi dapat mempengaruhi konsentrasi hormon tiroksin dalam serum. Hal ini terlihat pada hari ke 120 setelah pemeliharaan. Peningkatan konsentrasi hormon tiroksin terjadi baik pada kelompok yang diberi injeksi hormon tiroksin maupun tanpa injeksi hormon tiroksin. Peningkatan hormon tiroksin dalam serum menunjukkan adanya peningkatan proses metabolisme pada sel yang aktif untuk mensintesis protein (Iromo *et al.*, 2018). Penelitian yang dilakukan oleh Rawung *et al.*, (2021a), menunjukkan bahwa suplementasi hormon tiroksin selama masa reproduksi dapat meningkatkan sintesis protein pada ikan lele dumbo betina, dan juga terdeteksi adanya peningkatan konsentrasi RNA di jaringan hati. Hal ini menunjukkan bahwa pada masa reproduksi peran hormon tiroid sangat penting karena pada masa ini terjadi peningkatan proses metabolisme dalam tubuh.

Pemberian kurkumin dalam penelitian ini juga ternyata mempengaruhi konsentrasi hormon tiroksin dalam serum. Hal ini dikarenakan kurkumin dapat mengoptimalkan proses vitelogenesis selama masa reproduksi pada hewan ovipar (Kasiyati *et al.*, 2016; Dewi *et al.*, 2018;

Rawung *et al.*, 2021a). Vitellogenesis adalah proses yang terjadi pada hewan ovipar selama periode reproduksi, yang dimulai dengan sintesis vitellogenin di hati dan kemudian pengangkutan vitellogenin menuju ke gonad untuk selanjutnya dideposit ke dalam oosit yang sedang berkembang. Vitellogenin adalah prekursor untuk kuning telur. Kuning telur merupakan sumber nutrisi selama proses perkembangan embrio hingga awal perkembangan larva. Pemberian kurkumin selama masa reproduksi pada ikan dapat meningkatkan jumlah oosit yang sedang berkembang yang kemudian dapat dipijahkan (Rawung *et al.*, 2020). Semakin tinggi jumlah oosit yang berkembang untuk siap dipijahkan, maka akan semakin tinggi pula hormon tiroid

yang dibutuhkan untuk didistribusikan ke masing-masing oosit tersebut. Hormon tiroid yaitu tiroksin, dan triiodothyronine adalah produk dari kelenjar tiroid di semua vertebrata. Hormon tiroid terdapat dalam jumlah tinggi pada telur ikan dan semuanya berasal dari induk (Ruuskanen & Bin-Yan, 2018).

### Laju Pertumbuhan Spesifik (LPS)

Analisis varians pada tingkat kepercayaan 95% pada data laju pertumbuhan spesifik (LPS) menunjukkan bahwa suplementasi kurkumin dan injeksi hormon tiroksin berpengaruh nyata. Nilai rata-rata LPS disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Laju Pertumbuhan Spesifik

Keterangan: A (0 g kurkumin.Kg<sup>-1</sup>pakan & 0 µg.g<sup>-1</sup>bb); B (2.5 g kurkumin.Kg<sup>-1</sup>pakan & 0 µg.g<sup>-1</sup>bb); C (5 g kurkumin.Kg<sup>-1</sup>pakan & 0 µg.g<sup>-1</sup>bb); D (10 g kurkumin.Kg<sup>-1</sup>pakan & 0 µg.g<sup>-1</sup>bb); E (0 g kurkumin.Kg<sup>-1</sup>pakan & 0.1 µg.g<sup>-1</sup>bb); F (2.5 g kurkumin.Kg<sup>-1</sup>pakan & 0.1 µg.g<sup>-1</sup>bb); G (5 g kurkumin.Kg<sup>-1</sup>pakan & 0.1 µg.g<sup>-1</sup>bb); H (kurkumin.Kg<sup>-1</sup>pakan & 0.1 µg.g<sup>-1</sup>bb). Rataan ± standar deviasi, huruf yang berbeda mengindikasikan suatu perbedaan yang signifikan (p<0.05).

Pertambahan bobot badan pada ikan uji selama penelitian ini nampaknya sebagian besar dipengaruhi oleh peningkatan bobot massa gonad. Hal ini dikarenakan pada masa pemeliharaan ikan sudah sementara berada pada masa reproduksi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suplementasi kurkumin cenderung memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap pertambahan

bobot badan pada ikan uji. Penelitian yang dilakukan oleh Rawung *et al.*, (2021b) menunjukkan bahwa pemberian kurkumin dan hormon tiroksin selama reproduksi dapat meningkatkan bobot badan pada ikan lele dumbo. Peningkatan bobot badan ikan dalam penelitian kami tampaknya dipengaruhi oleh adanya perkembangan oosit, yaitu peningkatan diameter

oosit yang oleh karena adanya deposit vitelogenin di dalamnya. Selama perkembangan gonad, protein dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan. Sementara itu hormon tiroksin membantu percepatan metabolisme pembentukan protein untuk perkembangan gonad (Iromo *et al.*, 2018).

## KESIMPULAN

Injeksi hormon tiroksin dan suplementasi kurkumin dapat meningkatkan konsentrasi tiroksin dalam serum pada ikan uji. Selain itu, status reproduksi ikan uji juga sangat mempengaruhi peningkatan konsentrasi tiroksin dalam serum, dan laju pertumbuhan spesifik (LPS). Oleh karena itu, suplementasi kurkumin dan injeksi hormon tiroksin dapat diterapkan pada pemeliharaan induk ikan mas betina untuk mengoptimalkan proses reproduksi yang sedang berlangsung.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Perikanan Budidaya Air Tawar Tatu, yang sudah memberikan izin pada kami untuk menggunakan berbagai fasilitas selama pelaksanaan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alagawany, M., Farag, M. R., Abdelnour, S. A., Dawood, M. A. O., Elnesr, S. S & Dhama, K. (2021). Curcumin and its different forms: a review on fish nutrition. *Aquaculture*, 532, 736030. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736030>
- Brown, C. L., Urbinati, E. C., Zhang, W., Brown, S. B & McComb-kolosa, M. (2014). Maternal thyroid and glucocorticoid hormone interactions in larval fish development, and their applications in aquaculture. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 22, 207–220. <https://doi.org/10.1080/23308249.2014.918086>
- Cicatiello, A. G., Girolamo, D. O & Dentice, M. (2018). Metabolic effects of the intracellular regulation of thyroid hormone: old players, new concepts. *Frontiers in Endocrinology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00474>
- Deal, C. K & Volkoff, H. (2020). The role of the thyroid axis in fish. *Frontiers in endocrinology*, 11, 596585. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.596585>
- Dewi, C.D., Ekastuti, D.R., Sudrajat, A.O & Manalu, W. (2018). The role of turmeric powder supplementation in improving liver performance to support production of siam catfish (*Pangasinodon hypophthalmus*). *Omni-Akuatika*, 14(1), 44–53. <http://dx.doi.org/10.20884/1.oa.2018.14.1.484>
- Habibi, H. R., Nelson, E. R & Allan, E. R. O. (2012). New insight into thyroid hormones function and modulation of reproduction in goldfish. *General and Comparative Endocrinology*, 175(1), 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2011.11.003>
- Iromo, H., Junior, M.Z., Agus, M.S & Manalu, W. (2015). Supplementation doses thyroxine hormone of broodstock mud crab (*Scylla serrata*) during ovarian maturation. *Journal of Aquaculture Research and Development*, 6(12), 379
- Iromo, H., Jabarsyah, A & Awaluddin. (2018). Reproduction of females mud carb (*Scylla serrata*) with thyroxine hormone supplementation in traditional ponds from north borneo Indonesia. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(3), 378–381.
- 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 ducks. *International Journal of Poultry Science*, 15, 414–424. <https://doi.org/10.3923/ijps.2016.414.424>
- Liu, M., Lu, Y., Gao, P., Xie, X., Li, D., Yu, D & Yu, M. (2020). Effect of curcumin on laying performance, egg quality, endocrine hormones, and immune activity in heat-stressed hens. *Poultry Science*, 99(4), 2196–2202. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.001>
- Rawung, L.D., Ekastuti, D. R., Junior, M. Z., Rahminiwati, M., Sunarma, A & Manalu, W. (2020). Reproductive performance and egg qualities in african catfish (*Clarias gariepinus*) broodstock supplemented with curcumin and thyroxine hormone. *Omni-Akuatika*, 16(1), 32–47.

<http://dx.doi.org/10.20884/1.oa.2020.16.1.6>  
96

- Rawung, L.D., Ekastuti, D. R., Junior, M. Z., Rahminiwati, M., Sunarma, A & Manalu, W. (2021a). Effectivity of curcumin and thyroxine supplementations for improving liver functions to support reproduction of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Jordan Journal of Biological Sciences*, 14(1), 121–128.
- Rawung, L. D., Sunarma, A & Rayer, D. J. J. (2021b). The specific growth rate (SGR) related to the histology of gonad and liver of African catfish (*Clarias gariepinus*) supplemented with curcumin and thyroxine hormone. *Eksakta*, 22(2), 154–161. <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol22-iss2/245>
- Ruuskanen, S & Bin-Yan, H. (2018). Maternal thyroid hormones: an unexplored mechanism underlying maternal effects in ecological framework. *Physiological and Biochemical Zoology*, 91(3). <https://doi.org/10.1086/697380>
- Shadid, M.A., Ashraf, M.A & Sharma S. (2021). *Physiology, Thyroid hormone*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK500006/>
- Saraswati, T.R & Tana S. (2016). Effect of turmeric powder supplementation to the age of sexual maturity, physical and chemical quality of the first Japanese quail's (*Coturnix japonica*) egg. *Biosaintifika: Journal of Biology and Biology Education*, 8(1), 18 – 24. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v7i2.3955>
- Saraswati, T.R. (2015). Efek pemberian serbuk kunyit dalam pakan terhadap hepar puyuh Jepang (*Coturnix japonica*). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 23(2), 94–100
- Yavuz, S., Del Prado, S. S. N & Celi, F. S. (2019). Thyroid hormone action and energy expenditure. *Journal of the endocrine society*, 3(7), 1345–1356. <https://doi.org/10.1210/js.2018-00423>