

Pengaruh Perendaman Larva Ikan *Pterapogon kauderni* dengan Hormon 17α -Methyltestosteron Menggunakan Dosis yang Berbeda terhadap Rasio Kelamin Jantan

Muhammad Safir^{1*}, Samliok Ndobe², Madinawati³,
Septina Fifi Mangitung⁴, Novalina Serdiati⁵, dan Moh. Ryaldi⁶

^{1,2,3,4} Staf Pengajar Program Studi Akuakultur, Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Tadulako

^{5,6} Mahasiswa Program Studi Akuakultur, Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Tadulako

¹ Email: muhammadsafir@untad.ac.id

² Email: samliok.ndobe@untad.ac.id

³ Email: madinawati@untad.ac.id

⁴ Email: fifimangitung@untad.ac.id

⁵ Email: novalinaserdiati@untad.ac.id

⁶ Email: mohryaldi15@gmail.com

*Penulis korespondensi: muhammadsafir@untad.ac.id

Submit: 28-9-2021

Revisi: 15-11-2021

Diterima: 27-11-2021

ABSTRACT

Banggai cardinalfish (*Pterapogon kauderni*) is one of the endemic ornamental fish from Central Sulawesi. In its spawning, the male parent will incubate the eggs until they enter the juvenile phase. Moreover, the number of male broodstock in the wildlife is minimal, making this the limiting factor in increasing *P. kauderni*. The aim of the study was to obtain the best dose of the 17α -methyltestosterone (17α -MT) hormone in producing the male sex ratio of *P. kauderni*. This study used a completely randomized design by with four treatments of 17α -MT, such as 0 mg/L; 2 mg/L; 4 mg/L, and 6 mg/L by immersion method. Each treatment had four replications. The results showed that the 17α -MT hormone did not affect the daily growth rate of *P. kauderni* ($P > 0.05$). The increase of biomass and survival rate were lower in 6 mg/L water; while the highest male sex ratio of *P. kauderni*, 91.67%, at 2 mg/L water.

Keywords: Endemic, Hormone Immersion, Male Sex Ratio, *Pterapogon kauderni*, Sex Reversal

ABSTRAK

Banggai cardinalfish (*Pterapogon kauderni*) adalah salah satu ikan hias endemik perairan Sulawesi Tengah. Dalam proses pemijahannya, induk jantan akan mengerami telur hingga memasuki fase juvenil. Kondisi tersebut (lamanya masa pengeraman) tentunya akan menghambat peningkatan populasi ikan *P. kauderni* dengan target jumlah dalam waktu tertentu melebihi jumlah induk jantan yang terbatas. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan dosis hormon 17α -methyltestosteron (17α -MT) terbaik dalam menghasilkan rasio kelamin jantan ikan *P. kauderni* yang tinggi. Penelitian didesain menggunakan rancangan acak lengkap dengan mengujikan empat perlakuan dosis 17α -MT meliputi 0 mg/L; 2 mg/L; 4 mg/L dan 6 mg/L air yang diterapkan melalui metode perendaman selama 4 jam. Setiap perlakuan dilakukan 4 kali ulangan. Hasil perlakuan perendaman larva dengan hormon 17α -MT pada dosis berbeda tidak berpengaruh terhadap laju pertumbuhan harian ikan *P. kauderni* ($P > 0,05$). Pertambahan biomasa dan kelangsungan hidup lebih rendah pada perlakuan dosis 6 mg/L air. Rasio kelamin jantan ikan *P. kauderni* tertinggi terjadi pada perlakuan dosis 2 mg/L air yakni sebesar 91,67%.

Kata kunci: Endemik, Perendaman Hormon, *Pterapogon kauderni*, Rasio Kelamin Jantan, Seks Reversal

1 Pendahuluan

Banggai cardinalfish (*Pterapogon kauderni*) adalah salah satu ikan hias endemik perairan Sulawesi Tengah (Ndobe *et al.*, 2013a; Ndobe *et al.*, 2013b). Tampilan dan tingkah laku yang unik menjadikan ikan ini digemari oleh banyak pecinta ikan hias baik nasional maupun internasional (Sugama, 2008; Ndobe *et al.*, 2013b; Carlos *et al.*, 2014). Guna mengantisipasi terjadinya kepunahan ikan *P. kauderni* di alam akibat eksploitasi yang berlebih maka pemerintah melakukan pengaturan penangkapan secara terbatas berdasarkan tempat (di perairan Kepulauan Banggai, Sulawesi Tengah), dan waktu penangkapan (bulan Februari sampai Maret, dan Oktober sampai November). Aturan tersebut tertuang dalam Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No. 49/KEPMEN-KP/2018.

Berdasarkan uraian diatas, upaya yang dapat dilakukan agar ikan ini tetap tersedia dipasaran, yakni melakukan kegiatan budidaya baik secara insitu (pada lokasi dimana ikan ini didapatkan seperti yang dilakukan oleh Balai Pelatihan Budidaya dan Konservasi Laut (*LINI foundation*) di Banggai Laut), maupun eksitu di luar dari sumber ikan ini diperoleh (Gunawan *et al.*, 2010). Secara umum, dalam upaya peningkatan populasinya, keberadaan ikan *P. kauderni* berkelamin jantan menjadi salah satu faktor penting. Hal tersebut disebabkan ikan *P. kauderni* jantan memegang peranan penting dalam proses pemijahan (perkembangan telur menjadi larva) yakni telur yang telah dibuahnya akan dierami di dalam mulut selama kurang lebih 30 hari hingga memasuki fase juvenile (Gunawan *et al.*, 2010; Ndobe *et al.*, 2013a; Ndobe *et al.*, 2013b). Pada kondisi ini, tentunya ikan *P. kauderni* induk jantan tidak menerima asupan nutrisi dari pakan seperti yang terjadi pada ikan nila saat proses reproduksi berlangsung (Safir *et al.*, 2017). Berbeda halnya dengan ikan *P. kauderni* induk betina, kembali pada kondisi dalam siklus yang normal yakni berenang mencari makan dan kembali memasuki fase reproduksi (Gunawan *et al.*, 2010). Jika ikan *P. kauderni* induk betina melakukan pemijahan dengan ikan *P. kauderni* induk jantan sesaat setelah proses penyapihan berakhir tentunya akan menyebabkan kualitas benih yang rendah untuk jangka panjang. Oleh karena itu, upaya yang dapat dilakukan dalam meningkatkan kualitas dan kuantitas dari ikan *P. kauderni* salah satunya melalui peningkatan jumlah populasi jantan. Salah satu cara untuk menghasilkan ikan berjenis kelamin jantan yakni melalui kegiatan seks reversal (Safir *et al.*, 2017; Safir *et al.*, 2020a; Safir *et al.*, 2020b).

Seks reversal adalah metode pengarahannya pembentukan jenis kelamin pada ikan menjadi jantan secara fenotipe (secara fisik seperti bentuk/ukuran tubuh namun tidak merubah secara genetiknya) dengan menggunakan hormon, seperti hormon 17α -methyltestosteron (Safir *et al.*, 2017; Safir *et al.*, 2020a; Safir *et al.*, 2020b; Safir *et al.*, 2020c). Penelitian terkait pengarahannya jenis kelamin pada ikan *P. kauderni* tergolong baru

khususnya dengan menggunakan hormon sintetik seperti *17 α -methyltestosteron* (*17 α -MT*) dengan metode perendaman. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan dosis hormon *17 α -MT* yang terbaik dalam menghasilkan persentase yang tinggi pada ikan *P. kauderni* jantan.

2 Metode Penelitian

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan mulai Januari sampai dengan Februari 2020, bertempat di Balai Pelatihan Budidaya dan Konservasi Laut (BPBKL), Desa Bone Baru, Kecamatan Banggai Utara, Kabupaten Banggai Laut, Sulawesi Tengah.

Organisme dan Bahan Uji

Larva *P. kauderni* yang digunakan berumur ± 21 hari pasca tetas. Larva diperoleh dari penetasan induk ikan *P. kauderni* hasil penangkapan dari perairan Bone Baru, Kecamatan banggai Utara, Kabupaten Banggai yang juga merupakan areal penelitian. Induk yang ditangkap dicirikan dengan adanya telur yang dierami (belum menetas) dalam mulutnya, selanjutnya dimasukkan dalam bak fiber bulat (diameter 100 cm dan tinggi 100 cm) yang berisikan air ± 500 liter. Dalam bak penetasan, dilengkapi dengan selang dan batu aerasi yang terhubung dengan aerator sebagai penyuplai oksigen serta diberi sebanyak 5 ekor bulu babi (*Diadema setosum*). Setelah larva mencapai umur 21 hari (3 hari pasca pelepasan dari mulut induknya) selanjutnya dipisahkan dari induknya dengan cara memindahkan larva ke wadah yang telah dipersiapkan. Seluruh larva digabungkan menjadi satu dalam wadah (bak fiber berukuran 100 x 60 x 40 cm³). Sebelum larva digunakan, terlebih dahulu diadaptasikan dengan baik sesuai metode yang dilakukan oleh Safir *et al* (2020a); Safir *et al* (2020b) .

Hormon *17 α -methyltestosteron* dengan merek dagan Argent, Philippines dimasukkan dalam *Microcentrifuge Tube* 0,5 mL sesuai dengan dosis perlakuan. Selanjutnya setiap *Microcentrifuge Tube* ditambahkan etanol 100% sebanyak 0,25 mL dan dikocok hingga tidak terlihat perbedaan antara hormon dengan etanol.

Desain Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas empat dosis perlakuan perendaman larva dengan hormon *17 α -methyltestosteron*. Dosis perendaman tersebut yakni 0 mg/L; 2 mg/L; 4 mg/L; dan 6 mg/L air. Lama waktu perendaman setiap perlakuan adalah 4 jam. Setiap perlakuan diberi empat kali ulangan.

Pelaksanaan Seks Reversal

Metode pelaksanaan seks reversal mengacu pada penelitian Safir *et al* (2017). Masing-masing sebanyak 10 ekor larva ikan *P. kauderni* umur ± 21 hari pasca tetas yang telah dicatat bobot awalnya, dimasukkan dalam kantong plastik bervolume 2,5 liter yang

telah diisi dengan 1 liter air laut bersalinitas 35 ppt dan larutan hormon sesuai perlakuan. Selanjutnya diberi oksigen dengan perbandingan yang sama dengan air (1:1), dan diikat kuat menggunakan karet, didiamkan pada suhu ruang ($\pm 27^{\circ}\text{C}$) selama 4 jam. Selanjutnya larva dikeluarkan dari kantong (dipisahkan antara air dan larva menggunakan serokan), kemudian dicelupkan dalam air bersih (air laut bersalinitas 35 ppt) yang telah dipersiapkan. Air dalam wadah sebagai tempat pembilasan dilakukan pergantian setiap ulangan untuk semua perlakuan. Setelah itu, dimasukkan dalam wadah pemeliharaan (akuarium berukuran $15 \times 20 \times 20 \text{ cm}^3$) yang telah diisi air dengan volume 4 liter dan telah diberi batu aerasi yang terhubung dengan aerator sebagai penyuplai oksigen pada media pemeliharaan. Selain itu, setiap wadah pemeliharaan juga dilengkapi dengan satu ekor bulu babi (*D. setosum*) sesuai dengan mikrohabitat dari ikan *P. kauderni* (Rahman & Safir, 2018). Air hasil perendaman larva yang mengandung hormon $17\alpha\text{-MT}$, dibuang pada lubang tanah yang telah dipersiapkan untuk menghindari dampak negatif pada lingkungan (Safir *et al.*, 2017; Safir *et al.*, 2020c).

Pemeliharaan Organisme Uji

Pemberian pakan (*Artemia* sp.) pada organisme uji dilakukan dua jam setelah berada di dalam wadah pemeliharaan. Frekuensi pemberian pakan 4 kali dalam sehari secara *ad-satiation* (Safir *et al.*, 2020a; Safir *et al.*, 2020b; Safir *et al.*, 2020c). Pemeliharaan dilakukan selama 30 hari dan setiap 10 hari dilakukan penimbangan bobot tubuh total dari organisme uji pada setiap ulangan untuk semua perlakuan. Pada akhir pemeliharaan, sebanyak tiga ekor organisme uji diambil dari setiap ulangan untuk semua perlakuan guna pengamatan jenis kelamin. Agar kualitas air tetap berada pada kisaran yang sesuai dengan kebutuhan organisme uji maka dalam pemeliharaan diterapkan sistem resirkulasi semi tertutup. Pemantauan kualitas dan penggantian air serta pembersihan penyaring dalam bak tandon (bak penampung dan penyalur air) dilakukan dua kali dalam seminggu hingga akhir pemeliharaan. Selanjutnya, untuk pengukuran parameter kualitas air meliputi pH, oksigen terlarut, suhu serta salinitas, dilakukan setiap hari (pagi, siang, dan sore hari) secara berkala.

Parameter Pengamatan

Parameter organisme uji yang diamati untuk melihat pengaruh semua perlakuan meliputi, laju pertumbuhan harian (LPH), penambahan biomasa total (PBT), rasio kelamin jantan, dan kelangsungan hidup (KH). Metode dan persamaan yang digunakan dalam menghitung LPH dan PBT mengacu pada penelitian Safir (2018). Selanjutnya, untuk rasio kelamin jantan dan betina mengacu pada penelitian Chakraborty *et al.*, (2011), dan Safir *et al.*, (2017). Kelangsungan hidup dihitung dengan membandingkan antara organisme uji pada akhir dan awal pemeliharaan dikali dengan 100.

Analisa Data

Semua data yang diperoleh ditabulasi menggunakan *microsoft excel* 2017. Data rasio kelamin jantan, LPH, PBT, dan KH dianalisis dengan uji *one-way* ANOVA. Apabila terdapat pengaruh dari perlakuan maka dilakukan uji lanjut Duncan.

3 Hasil dan Pembahasan

Rasio Kelamin Jantan

Rasio kelamin (jantan dan betina) dari organisme uji pada hari ke 30 pasca perendaman hormon *17 α -methyltestosteron* dengan dosis berbeda ditampilkan pada Tabel 1. Hasil analisis menunjukkan persentase rasio jantan dari nilai rendah ke tinggi secara berurut terjadi pada perlakuan hormon *17 α -methyltestosteron* dengan dosis 6 mg/L (50,00%), 0 mg/L (66,67%), 4 mg/L (75,00%) dan 2 mg/L air (91,67%). Hasil uji lanjut menunjukkan semua perlakuan tidak menunjukkan perbedaan dengan kontrol ($P > 0,05$), namun rasio jantan pada perlakuan *17 α -methyltestosteron* dosis 2 mg/L air lebih tinggi dibandingkan perlakuan dosis 6 mg/L air ($P < 0,05$).

Rasio kelamin jantan yang tinggi pada perlakuan *17 α -methyltestosteron* dosis 2 mg/L air diduga dosis tersebut mendekati dosis yang sesuai dalam penghambatan aktivitas aromatase dalam pembentukan hormon estrogen. Arfah *et al.*, (2013) mengemukakan bahwa pengaplikasian bahan penghambat kinerja aromatese guna meningkatkan persentase ikan jantan dapat diperoleh dengan pengaplikasian dosis yang tepat. Sebaliknya, pengaplikasian dosis yang berlebih akan memberikan umpan balik pada ikan uji, dan menghasilkan ikan betina seperti yang terjadi pada ikan lele (*Ictalurus punctatus*) (Bhandar *et al.*, 2004) dan ikan cupang (*Betta splendens*) (Arfah *et al.*, 2013). Lebih lanjut dikemukakan Arfah *et al.*, (2013) bahwa hal tersebut terjadi dikarenakan adanya suatu zat di dalam tubuh organisme yang serupa dengan aromatase, ketika kadar hormon *17 α -methyltestosteron* tinggi masuk ke dalam tubuh, zat (serupa dengan aromatase) akan merubah hormon *17 α -methyltestosteron* menjadi estradiol-17 β dan sekaligus berperan sebagaimana hormon estradiol-17 β yang merangsang dalam pembentukan gonad betina ikan uji.

Mekanisme kerja dari hormon *17 α -methyltestosteron* dalam pengerahan jenis kelamin secara fenotip yakni melibatkan aromatase dimana aktivitas dari enzim tersebut dihambat dalam menghasilkan hormon estrogen dari androgen, dan pada akhirnya persentase androgen lebih tinggi (Kwon *et al.*, 2000; Kobayashi & Nagahama, 2009; Safir *et al.*, 2017; Safir *et al.*, 2020a; Safir *et al.*, 2020b).

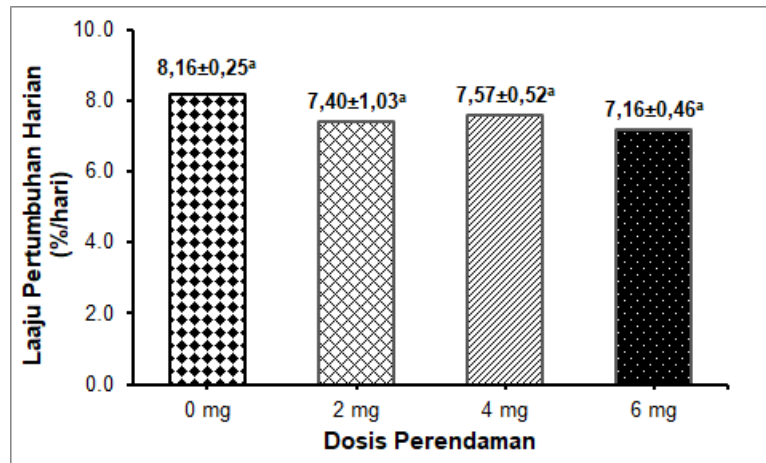
Tabel 1. Rasio jantan dan betina ikan *P. kauderni* pada akhir penelitian

Perlakuan dosis	N*	♂	♀	% ♂	% ♀
0 mg/L	12	8	4	66,67±27,22 ^{ab}	33,33±27,22 ^{ab}
2 mg/L	12	11	1	91,67±16,67 ^b	8,33±16,67 ^b
4 mg/L	12	9	3	75,00±19,25 ^{ab}	24,99±19,25 ^{ab}
6 mg/L	12	6	6	50,00±23,96 ^a	50,00±23,96 ^a

Keterangan: *Jumlah organisme yang diamati 3 ekor dari 10 ekor untuk setiap ulangan

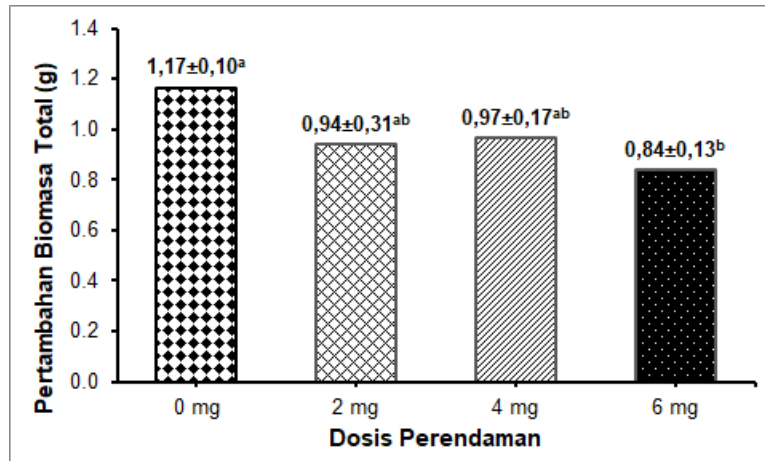
Laju Pertumbuhan Harian dan Pertambahan Biomasa Total

Laju pertumbuhan harian organisme uji untuk setiap perlakuan hormon 17α -methyltestosteron tidak memberikan pengaruh yang berbeda ($P>0,05$) (Gambar 1).



Gambar 1. Laju pertumbuhan harian ikan *P. kauderni* yang diberi hormon 17α -methyltestosteron dengan lama pemeliharaan 30 hari

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini serupa yang telah dilaporkan dari penelitian sebelumnya dimana perlakuan 17α -methyltestosteron melalui perendaman *Artemia* sp. sebagai pakan (Safir *et al.*, 2020b) dan melalui perendaman kombinasi suhu (Safir *et al.*, 2020a) dengan lama pemeliharaan 30 hari, tidak menunjukkan pengaruh pada laju pertumbuhan harian ikan *P. kauderni*. Lebih lanjut dikemukakan oleh Celik *et al.*, (2011), dan Safir *et al.*, (2017) bahwa efek anabolik (peningkatan pertumbuhan) dari hormon 17α -methyltestosteron akan terlihat setelah organisme uji mengalami kematangan gonad seperti yang terjadi pada ikan nila. Selanjutnya, pertambahan biomasa total untuk semua perlakuan tidak berbeda dengan kontrol kecuali perlakuan dosis 6 mg/L air. Dimana pertambahan biomasa total pada perlakuan hormon 17α -methyltestosteron dengan dosis 6 mg/L lebih rendah dibandingkan kontrol, sedangkan antar perlakuan tidak berbeda nyata (Gambar 2).

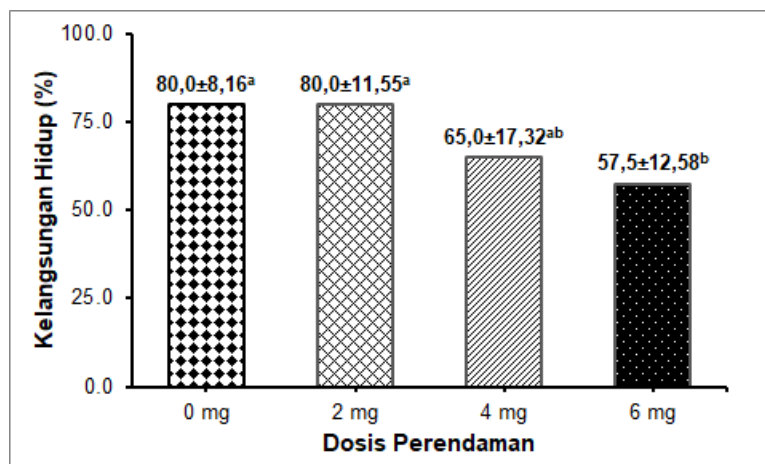


Gambar 2. Pertambahan biomasa total dari organisme uji pada akhir penelitian

Pertambahan biomasa total yang rendah pada perlakuan perendaman hormon *17 α -methyltestosteron* pada dosis 6 mg/L diduga terkait nilai kelangsungan hidup yang lebih rendah (57,5%) (Gambar 3). Pertambahan biomasa total diperoleh dengan cara menghitung selisih antara bobot total dari semua ikan yang hidup pada akhir dan awal pemeliharaan. Sejalan yang dilaporkan pada penelitian sebelumnya bahwa nilai pertambahan biomasa total menjadi rendah, jika jumlah organisme yang hidup pada akhir pemeliharaan lebih rendah dan laju pertumbuhan yang dihasilkan adalah sama (Safir *et al.*, 2020c).

Kelangsungan Hidup

Kelangsungan hidup organisme uji hingga akhir pemeliharaan berkisar antara 57,5%-80,0% (Gambar 3.). Hasil analisis menunjukkan bahwa kelangsungan hidup organisme uji untuk semua perlakuan tidak berbeda dengan kontrol ($P>0,05$) kecuali perlakuan hormon *17 α -methyltestosteron* dengan dosis 6 mg/L air yang persentasenya lebih rendah (57,5%).



Gambar 3. Kelangsungan hidup organisme uji pada akhir pemeliharaan.

Hasil yang berbeda yang dilaporkan oleh beberapa peneliti diantaranya Afpriyaningrum *et al.*, (2016), dan Safir *et al.*, (2017) pada ikan nila, serta (Safir *et al.*, 2020b) pada ikan *P. kauderni*, dimana perlakuan seks reversal dengan hormon 17α -*methyltestosteron* tidak memberikan pengaruh terhadap tingkat kelangsungan hidup dari ikan perlakuan. Kelangsungan hidup yang rendah dalam penelitian ini diduga penggunaan dosis hormon 17α -*methyltestosteron* terlalu tinggi. Hal ini diduga ikan *P. kauderni* tergolong ikan yang sensitif terhadap senyawa organik sintetik, sehingga dosis yang tinggi akan menyebabkan metabolisme dalam tubuh ikan uji terganggu dan pada akhirnya menyebabkan kematian (Connell & Miller, 2006; Bustaman *et al.*, 2009). Selanjutnya untuk parameter kualitas air selama pemeliharaan seperti pH (7,4 - 8,14), oksigen terlarut (4 - 8,2 mg/L), suhu (25 - 28°C) dan salinitas (27-39 g/L), masih berada pada kisaran yang sesuai untuk pemeliharaan ikan *P. kauderni* (Gunawan *et al.*, 2010; Safir *et al.*, 2020a; Safir *et al.*, 2020b; Safir *et al.*, 2020c) dan bukan merupakan penyebab rendahnya kelangsungan hidup pada perlakuan.

4 Kesimpulan

Dosis hormon 17α -*methyltestosteron* pada larva *P. kauderni* umur 21 hari berpengaruh terhadap peningkatan persentase rasio kelamin jantan ikan *P. kauderni*, dimana dosis terbaik adalah 2 mg/L air.

Daftar Pustaka

- Afpriyaningrum, M., Soelistyowati, D., Alimuddin, Zairin, J. M., Setiawati, M., & Hardiantho, D. (2016). Maskulinisasi Ikan Nila Melalui Perendaman Larva pada Suhu 36 °C dan Kadar Residu 17α -metilttestosteron dalam Tubuh Ikan. *Omni-Akuatika*, 12(3), 106–113. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20884/1.oa.2016.12.3.132>
- Arfah, H., Soelistyowati, D. T., & Bulkini, A. (2013). Maskulinisasi Ikan Cupang Betta Splendens Melalui Perendaman Embrio dalam Ekstrak Purwoceng *Pimpinella alpina*. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 12(2), 144–149. <https://doi.org/10.19027/jai.12.144-149>
- Bhandar, R. K., Komuro, H., Higa, M., & Nakamura, M. (2004). Sex Inversion of Sexually Immature Honeycomb Grouper (*Ephinephelus merra*) by Aromatase Inhibitor. *Zoological Science*, 21(3), 305–310. <https://doi.org/10.2108/zsj.21.305>
- Bustaman, W. J., Arisandi, A., & Abida, I. W. (2009). Efektivitas Hormon 17α -*methyltestosteron* untuk Memanipulasi Kelamin Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) pada Pemeliharaan Salinitas yang Berbeda. *Jurnal Kelautan*, 2(1), 57–65. <https://doi.org/https://doi.org/10.21107/jk.v2i1.903>
- Carlos, N. S. T., Rondonuwu, A. B., & Watung, V. N. R. (2014). Distribusi dan Kelimpahan *Pterapogon kauderni* Koumans, 1933 (Apogonidae) di Selat Lembeh Bagian Timur, Kota Bitung. *Jurnal Ilmiah Platax*, 2(3), 121–126. <https://doi.org/10.35800/jip.2.3.2014.9124>

- Celik, I., Guner, Y., & Celik, P. (2011). Effect of Orally-Administered 17α -methyltestosterone at Different Doses on the Sex Reversal of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(7), 853–857. <https://doi.org/10.3923/javaa.2011.853.857>
- Chakraborty, S. B., Mazumdar, D., Chatterji, U., & Banerjee, S. (2011). Growth of Mixed-Sex and Monosex Nile Tilapia in Different Culture Systems. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11, 133–138. <https://doi.org/10.4194/trjfas.2011.0117>
- Connell, D. W., & Miller, G. J. (2006). *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran Penerjemah: Yanti Koestoer. Judul Asli: Chemistry and Ecotoxicology of Pollution. Tahun 1995.* Jakarta: UI Press.
- Gunawan, Hupatea, J. H., & Setiawati, K. M. (2010). Pemeliharaan Induk Ikan Capungan Banggai (*Pterapogon kauderni*) dengan Kepadatan yang Berbeda. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*, 461–466.
- Kobayashi, T., & Nagahama, Y. (2009). Molecular Aspects of Gonadal Differentiation in a Teleost Fish, the Nile Tilapia. *Sexual Development*, 3(2–3), 108–117. <https://doi.org/https://doi.org/10.1159/000223076>
- Kwon, J. Y., Haghpanah, V., Kogson-Hurtado, L. M., Mcandrew, B. J., & Penman, D. J. (2000). Masculinization of Genetic Female Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) by Dietary Administration of an Aromatase Inhibitor During Sexual Differentiation. *Journal of Experimental Zoology*, 287(1), 46–53. [https://doi.org/10.1002/1097-010X\(20000615\)287:13.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/1097-010X(20000615)287:13.0.CO;2-X)
- Ndobe, S., Moore, A., Salanggon, A. I. M., Setyohadi, D., Herawati, E. Y., & Soemarno. (2013a). Pengelolaan Banggai Cardinalfish (*Pterapogon kauderni*) melalui Konsep Ecosystem-Based Approach. *Marine Fisheries*, 4(2), 115–126. <https://doi.org/https://doi.org/10.29244/jmf.4.2.115-126>
- Ndobe, S., Widiastuti, I., & Moore, A. (2013b). Sex Ratio and Predation on Recruits in the Marine Ornamental Banggai Cardinalfish (*Pterapogon kauderni*). *Konferensi Akuakultur Indonesia 2013. Sulawesi Tengah*, 9–20.
- Rahman, S. A., & Safir, M. (2018). Performa Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Ikan Capungan Banggai (*Pterapogon kauderni*) pada Mikrohabitat yang Berbeda. *Octopus: Jurnal Ilmu Perikanan*, 7(2), 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.26618/octopus.v7i2.2462>
- Safir, M. (2018). Respon Fisiologis dan Biokimia Ikan Nila Hasil Sex Reversal, Diberi Pakan Kadar Protein Berbeda dan Diperkaya dengan Hormon Pertumbuhan. *Disertasi Pascasarjana*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Safir, M., Aminuddin, Setiawati, M., Zairin, Jr. M., & Suprayudi, M. A. (2017). Growth Performance of Nile Tilapia Immersed in 17α -methyltestosterone and rEIGH, and Fed a Diet Enriched with rEIGH. *Omni-Akuatika*, 13(2), 57–64. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20884/1.oa.2017.13.2.288>
- Safir, M., Rukka, A. H., Mangitung, S. F., & Sambaeni, D. (2020a). Pengaruh Perendaman Hormon 17α -Methyltestosteron dan Suhu yang Berbeda Terhadap Persentase Kelamin Jantan dan Performa Pertumbuhan Ikan Banggai Cardinal (*Pterapogon kauderni*). *Octopus: Jurnal Ilmu Perikanan*, 9(2), 1–9.

- Safir, M., Tobigo, D. T., Mangitung, S. F., Madinawati, & Zainab. (2020b). Masculinization of Banggai Cardinalfish (*Pterapogon kauderni*) using 17 α -Methyltestosterone-enriched *Artemia* sp. *Omni-Akuatika*, 16(2), 135–140. <https://doi.org/10.20884/1.oa.2020.16.2.809>
- Safir, M., Tobigo, D. T., Mangitung, S. F., Sambaeni, D., Ryaldi, M., Adam, R. D., Husain. (2020c). Tingkat Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Larva *Pterapogon kauderni* yang Diberi Jenis Pakan Berbeda. *Jurnal Agrisains*, 21(1), 1–7.
- Sugama, K. (2008). Pemiljahan dan pembesaran anak ikan kardinal banggai (*Pterapogon kauderni*). *Jurnal Riset Akuakultur*, 3(1), 83–90. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15578/jra.3.1.2008.83-90>