



PENGARUH PEMBERIAN 17α -METILTOSTERON TERHADAP LAJU PERTUMBUHAN DAN KONVERSI PAKAN PADA IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)

EFFECT IMPACT OF 17α -METHYLTESTOSTERONE ON GROWTH PERFORMANCE AND FEED CONVERSION RATIO IN OF TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)

Dewi Nurmalita Suseno^{1*}, Nisa Hakimah¹, Budi Rianto¹, Tri Ari Setyastuti¹,
Luchiandini Ika Pamaharyani²

¹Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo, 61254, Sidoarjo, Indonesia

²Politeknik Kelautan dan Perikanan Dumai, 28826, Dumai, Indonesia

*Korespondensi: dewi.poltekkpsda@gmail.com (DW Suseno)

Diterima 29 Maret 2024 – Disetujui 12 Oktober 2024

ABSTRAK. Ikan nila jantan memiliki pertumbuhan lebih dari ikan betina. sehingga, pemberian Steroid sintetis secara oral atau rendaman terbukti menjadi teknologi yang paling sederhana, mudah, sangat efektif dan dapat diandalkan untuk pembalikan seks larva ikan nila menjadi Jantan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi menganalisis pemberian 17α -Metiltosteron terhadap laju pertumbuhan dan konversi pakan pada ikan nila (*O. niloticus*). Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari 3 perlakuan dan 4 kali ulangan. Dosis optimum yang digunakan (60) mg/kg pakan, dan 0,5 ml/l. Hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa pertambahan bobot tubuh dengan perlakuan oral memiliki rata-rata terbaik yaitu $226,83^{\circ} \pm 11,88$; panjang rata-rata $12,79^b \pm 0,99$, laju pertumbuhan spesifik (SGR) $5,46^c \pm 0,06$ dan FCR yaitu $1,05^a \pm 0,06$. Penelitian mengenai efek penggunaan 17α -metiltestosteron terhadap pertumbuhan ikan nila jantan oral mendapatkan hasil terbaik dengan tidak melebihi batas residu (5 $\mu\text{g/L}$ atau 5 $\mu\text{g/kg}$) steroid sintetis pada tubuh ikan nila.

KATA KUNCI: 17α -metiltestosteron, ikan nila, laju pertumbuhan spesifik, pakan dan rendaman.

ABSTRACT. Male tilapia fish grow faster than female tilapia, so administering synthetic steroids orally or by soaking has proven to be the simplest, easiest, most effective and reliable technology for sex reversal of tilapia larvae to become males. This research was conducted to analyze the administration of 17α -methyltestosterone on the growth rate and feed conversion of tilapia (*O. niloticus*). This study used a completely randomized design (CRD) consisting of 3 treatments and 4 replications. The optimum dose used is (60) mg/kg feed, and 0.5 ml/l. The results of this study showed that body weight gain with oral treatment had the best average, namely $226.83^c \pm 11.88$; average length $12.79^b \pm 0.99$, specific growth rate (SGR) $5.46^c \pm 0.06$ and FCR namely $1.05^a \pm 0.06$. Research on the effect of using 17α -methyltestosterone on the growth of oral male tilapia fish obtained the best results by not exceeding the residue limit (5 $\mu\text{g/L}$ or 5 $\mu\text{g/kg}$) of synthetic steroids in the body of tilapia fish.

KEYWORDS: 17α -methyltestosterone, tilapia, specific growth rate, feed conversion ratio, oral and immersion.

1. Pendahuluan

Dalam program revitalisasi peningkatan produksi budidaya perikanan, ikan nila (nama latin) merupakan salah satu target spesies yang diinginkan (Jones *et al.*, 2016). Laju pertumbuhan ikan merupakan salah satu faktor penting dalam meningkatkan produksi budidaya. Ikan nila memiliki sifat dimorfisme seksual (Pustaka), di mana pertumbuhan ikan nila jantan lebih cepat dibandingkan dengan ikan nila betina. Hal ini membuat budidaya ikan nila jantan (*monoseks*) memiliki keuntungan yang signifikan (Singh *et al.*, 2018). Sebuah studi terbaru oleh Martínez-Palacios *et al.* (2021) menunjukkan bahwa laju pertumbuhan ikan nila jantan lebih cepat dibandingkan dengan nila betina (sekitar 2,3 kali lebih cepat).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan hormon metiltestosteron (MT) mampu menghasilkan individu jantan. Penelitian terbaru oleh Gómez-Romero *et al.* (2019) menunjukkan bahwa pembalikan seks larva ikan nila dengan perendaman MT selama 4 jam menghasilkan ikan jantan hingga

92%. Selain itu, perendaman larva ikan nila dengan 1800 µg/L MT selama 4 dan 8 jam menghasilkan proporsi jantan hingga 98% (Ali *et al.*, 2020). Pemberian pakan MT juga telah terbukti efektif, seperti pada penelitian Müller *et al.* (2020) yang menunjukkan bahwa pemberian pakan MT 9-18 mg/kg pada ikan *Bidyanus bidyanus* (apa ada nama dagangnya) menghasilkan ikan jantan 100%. Penelitian oleh Park *et al.* (2022) juga menunjukkan bahwa pemberian pakan 60 mg/kg MT menghasilkan 93,7% jantan. Efektivitas pemberian MT sangat bergantung pada dosis dan waktu pemberian hormon (Nguyen *et al.*, 2017). Studi menunjukkan bahwa pemberian MT pada larva ikan tahap awal (umur 7-12 hari pasca-menetas) meningkatkan proporsi ikan jantan secara signifikan (Singh *et al.*, 2020).

Hormon 17α-metiltetosteron (17α-MT) merupakan hormon steroid androgenik yang banyak digunakan dalam pembalikan seks ikan (Wang *et al.*, 2020). Steroid anabolik androgenik seperti MT mampu meningkatkan laju pertumbuhan serta perkembangan seksual pada ikan jantan. Namun, penggunaannya sering diperdebatkan karena potensi toksisitas dan risiko terhadap kesehatan manusia serta lingkungan (Barbosa *et al.*, 2018). Penelitian oleh Suseno *et al.* (2020) menunjukkan bahwa meskipun MT dapat menyebabkan perubahan histopatologis pada organ ikan seperti insang dan hati, konsentrasi MT dalam daging masih berada di bawah batas aman (5 µg/L atau 5 µg/kg). Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pemberian 17α-Metiltetosteron terhadap laju pertumbuhan dan konversi pakan ikan nila (*O. niloticus*). Kebaruan dari penelitian ini adalah mendapatkan individu jantan ikan nila yang memiliki pertumbuhan lebih cepat dibandingkan dengan ikan nila betina tanpa adanya bahaya terhadap lingkungan sehingga, pemberian steroid sintesis secara oral atau rendaman terbukti menjadi teknologi yang paling sederhana, mudah, sangat efektif dan dapat diandalkan untuk pembalikan seks larva ikan nila menjadi Jantan.

2. Metode Penelitian

2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari 3 perlakuan dengan 4 kali ulangan. Penelitian ini menggunakan benih ikan nila (*O. niloticus*) dan pemberian hormon 17α-metiltetosteron (17α-MT) dengan dosis optimum 60 mg/kg pakan. Selain itu, perlakuan rendaman 17α-MT pada konsentrasi 0,5 ml/l juga diaplikasikan sesuai metode dari Suseno *et al.* (2020).

2.2 Hewan Uji

Ikan nila (*O. niloticus*) digunakan sebagai hewan uji dalam penelitian ini, dengan total ikan sebanyak 360 ekor. Ikan-ikan tersebut dibagi menjadi 3 kelompok perlakuan, di mana setiap kelompok terdiri dari 30 ekor ikan. Setiap kelompok perlakuan diulang sebanyak 4 kali untuk mendapatkan hasil yang valid dan dapat dianalisis secara statistik.

2.3 Persiapan Pakan dan Media Uji

Selama penelitian, pakan yang digunakan adalah pellet komersial. Pakan ini dicampur dengan 17α-MT sesuai dosis yang digunakan oleh Mukti (2016), yaitu 60 mg/kg pakan. Selain pemberian pakan, ikan juga direndam dalam larutan 17α-MT dengan konsentrasi 0,5 ml/l sebagai bagian dari perlakuan.

2.4 Sampling

Pengambilan sampel dilakukan pada ikan nila yang berumur 2, 3, 4, dan 5 bulan. Setiap perlakuan dan ulangan mengambil 3 ekor ikan sebagai sampel, sehingga total sampel pada setiap perlakuan dan ulangan adalah 3 ekor. Sampling ini dilakukan untuk memantau pertumbuhan dan perkembangan ikan berdasarkan umur dalam setiap perlakuan.

2.4 Feed Convention Ratio (FCR)

Pengukuran efisiensi pakan dapat dilakukan dengan menghitung jumlah total pakan yang diberikan dengan jumlah total bobot ikan yang dihasilkan saat panen, dapat dirumuskan sebagai berikut (Barades *et al.*, 2020):

$$FCR = F/((Wt+D)-Wo) \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

FCR = Feed Convention Ratio

F = Jumlah total pakan yang diberikan selama pemeliharaan (gram)

Wo = Bobot total ikan awal pemeliharaan (gram)

Wt = Bobot total ikan akhir pemeliharaan (gram)

D = Bobot total ikan yang mati selama pemeliharaan (gram)

2.5 Pertambahan Bobot

Pengukuran bobot dan panjang tubuh ikan dilakukan setiap 1 bulan sekali, pada umur ikan 2, 3, 4 dan 5 bulan. Pertambahan bobot ikan diukur menggunakan rumus Mukhlis *et al.*, 2019:

$$G=Wt-Wo \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

G = Pertambahan bobot rata-rata ikan (g)

Wt = Bobot rata-rata akhir ikan uji (g)

Wo = Bobot rata-rata awal ikan uji (g)

2.6 Panjang Tubuh

Pertambahan Panjang diukur menggunakan rumus Celik *et al.*, 2011 :

$$L=Lt-Lo \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

L = Pertambahan panjang tubuh rata-rata ikan (cm)

Lt = Panjang rata-rata akhir ikan uji (cm)

Lo = Panjang rata-rata awal ikan uji (cm)

2.7 Spesific Growth Rate (SGR)

Pertambahan SGR diukur menggunakan rumus, Barry *et al.*, 2013:

$$SGR = 100 \times \frac{\ln Wt - \ln Wo}{t} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

SGR = Laju pertumbuhan spesifik (%bt/hari)

Wt = Bobot ikan pada akhir penelitian (g)

Wo = Bobot ikan pada awal penelitian (g)

t = Waktu penelitian (hari)

2.8 Analisis Statistik

Analisis data FCR, pertumbuhan mutlak (bobot, panjang), dan laju pertumbuhan spesifik (SGR) dianalisis statistik lakukan menggunakan uji ANOVA satu arah (*one-way ANOVA*) untuk membandingkan antar perlakuan a kelompok kontrol dan kelompok perlakuan pada setiap bulan pemeliharaan . Jika berbeda nyata, Setelah uji ANOVA, uji lanjutan Duncan dilakukan pada dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$ untuk menentukan perbedaan nyata antar kelompok. Semua Analisis statistik dilakukan menggunakan

software SPSS versi 20.0, sehingga hasil yang diperoleh dapat diinterpretasikan secara lebih akurat dan komprehensif.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pertambahan Bobot Tubuh Ikan Nila

Tabel 1 merupakan penyajian data pertambahan bobot tubuh rata-rata pada ikan nila selama penelitian. Pertambahan bobot tubuh rata-rata ikan nila pada perlakuan oral adalah tertinggi sebesar ($226,83^c \pm 11,88$), dan menurun secara berturut-turut pada perlakuan perendaman ikan nila sebesar ($184,77^b \pm 31,23$) atau normal jantan ($184,41^b \pm 11,15$) dan pada ikan nila betina memiliki bobot tubuh sebesar ($90,27^a \pm 14,11$). Peningkatan bobot terbaik didapatkan dengan perlakuan oral sedangkan perlakuan normal betina ikan nila memiliki bobot terendah diantara perlakuan yang lain. Hasil uji lanjut Duncan pada perlakuan oral memiliki hasil yang berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan rendaman, kontrol dan betina. Peningkatan bobot tubuh ikan nila jantan disebabkan karena hormon androgen pada ikan nila jantan mampu meningkatkan fungsi fisiologis, antara lain mempengaruhi kemampuan seksual, meningkatkan pertumbuhan tulang dan otot, merangsang masa pemijahan dan meningkatkan pertumbuhan karena mempercepat metabolisme protein (PUSTAKA). Pada penelitian Firdous *et al.* (2011) menyatakan bahwa hal ini dapat terjadi dikarenakan energi ikan nila jantan yang didapat dari pakan akan digunakan secara penuh untuk pertumbuhan sedangkan pada ikan nila betina energi yang diperoleh dari pakan akan digunakan sebagian untuk kegiatan reproduksi dan sebagian untuk pertumbuhan.

Penelitian dari Alvarenga *et al.* (2021) menyatakan bahwa ikan nila jantan dapat menggunakan energi dari pakan sepenuhnya untuk pertumbuhan, sedangkan pada ikan nila betina, sebagian energi dialokasikan untuk kegiatan reproduksi, sehingga pertumbuhannya lebih lambat. Hal ini konsisten dengan temuan Chavaree *et al.* (2019), yang menunjukkan bahwa ikan nila jantan memiliki laju pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan betina. Lebih lanjut, penelitian terbaru oleh Ali *et al.* (2020), Farag *et al.* (2020), dan Zhang *et al.* (2022) membuktikan bahwa penggunaan hormon metiltestosteron (MT) dapat secara signifikan meningkatkan pertumbuhan bobot tubuh ikan (sebutkan jenis ikannya). Mantau *et al.* (2019) juga menemukan bahwa dosis MT sebesar 60 mg/kg pakan yang diberikan secara oral menunjukkan hasil yang lebih nyata pada ikan (sebutkan jenis ikannya) dibandingkan dengan kelompok kontrol setelah terjadi perubahan kelamin.

Tabel 1. Data pertambahan bobot tubuh rata-rata (gram) ikan nila selama penelitian $\pm$ SD.

Perlakuan	Pertambahan Bobot Tubuh (gram) $\pm$ SD
Normal	$184,41^b \pm 11,15$
Oral	$226,83^c \pm 11,88$
Rendaman	$184,77^b \pm 31,23$
Normal Betina	$90,27^a \pm 14,11$

Keterangan : Huruf superskrip dibelakang angka rata-rata yang berbeda dalam satu kolom menunjukkan adanya perbedaan secara nyata ($P < 0,05$).

3.2 Pertambahan Panjang (Total) Tubuh Ikan Nila

Tabel 2 menyajikan data pertambahan panjang tubuh rata-rata pada ikan nila selama penelitian. Pertambahan panjang tubuh rata-rata ikan nila pada perlakuan oral ($12,79^b \pm 0$), perlakuan rendaman ($11,52^b \pm 1,8$) dan normal jantan ($11,88^b \pm 1,24$), sedangkan normal betina ikan nila memiliki panjang tubuh sebesar ($9,00^a \pm 1,07$). Peningkatan Panjang tubuh ikan nila terbaik didapatkan dengan perlakuan oral, rendaman dan oral sedangkan perlakuan normal betina ikan nila memiliki Panjang tubuh terendah diantara perlakuan yang lain. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa perlakuan oral, rendaman, dan kontrol tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, tetapi terdapat perbedaan nyata saat

dibandingkan dengan perlakuan betina. Penelitian oleh Rahim *et al.* (2020) menemukan bahwa perlakuan dengan metiltetosteron (MT) menghasilkan pertumbuhan panjang rata-rata ikan nila yang tertinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Selain itu, studi oleh Suherman *et al.* (2019) juga menunjukkan bahwa ikan yang diberi pakan dengan dosis MT 60 mg/kg menunjukkan panjang maksimum yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol.

Tabel 2. Data Pertambahan Panjang Rata-Rata Akhir (cm) Ikan Nila Selama Penelitian $\pm$ SD.

Perlakuan	Pertambahan Panjang (cm) $\pm$ SD
Normal	11,88 ^b $\pm$ 1,24
Oral	12,79 ^b $\pm$ 0,99
Rendaman	11,52 ^b $\pm$ 1,8
Normal Betina	9,00 ^a $\pm$ 1,07

Keterangan : Superskrip berbeda dalam satu kolom menunjukkan adanya beda nyata ($p < 0,05$).

3.3 Spesific Growth Rate (SGR)

Tabel 3 menyajikan data laju pertumbuhan spesifik (SGR) pada ikan nila selama penelitian. Pertambahan laju pertumbuhan spesifik ikan nila perlakuan oral sebesar (5,46^c $\pm$ 0,06), perlakuan rendaman sebesar (5,23^b $\pm$ 0,08) dan normal jantan (5,28^b $\pm$ 0,03), sedangkan normal betina ikan nila memiliki SGR sebesar (4,61^a $\pm$ 0,08). Peningkatan Panjang tubuh ikan nila terbaik didapatkan dengan perlakuan oral dibandingkan dengan perlakuan yang lain, sedangkan perlakuan normal betina ikan nila memiliki SGR terendah diantara perlakuan yang lain. Hasil uji lanjut Duncan pada perlakuan oral memiliki hasil yang berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan rendaman dan normal. Sedangkan, perlakuan normal betina memiliki SGR paling rendah. penelitian Sulaeman & Fotedar (2017), ikan yang diberi makan MT memiliki kenaikan signifikan lebih tinggi. Hal ini didukung dengan penelitian EL-Greisy dan El-Greisy (2012), yang membuktikan bahwa laju pertumbuhan tertinggi ikan nila pada dosis 60 mg 17 α -MT / kg dibandingkan dengan kontrol, 40 dan 80 mg 17 α -MT / kg . Pada penelitian Little and Edwards (2004), benih nila yang diberi 17 α -MT memiliki pertumbuhan lebih cepat.

Tabel 3. Spesific Growth Rate (SGR) (%bw/hari) Ikan Nila Selama Penelitian $\pm$ SD.

Perlakuan	Spesific Growth Rate (%bw/hari) $\pm$ SD
Normal	5,28 ^b $\pm$ 0,03
Oral	5,46 ^c $\pm$ 0,06
Rendaman	5,23 ^b $\pm$ 0,08
Normal Betina	4,61 ^a $\pm$ 0,08

Keterangan : Superskrip berbeda dalam satu kolom menunjukkan adanya beda nyata ($p < 0,05$).

3.4 Konversi Pakan (FCR) Selama Penelitian Ikan Nila

Tabel 4 menyajikan data konversi pakan (FCR) pada ikan nila selama penelitian. Konversi pakan ikan nila perlakuan oral sebesar (1,05^a $\pm$ 0,06), perlakuan rendaman sebesar (1,25^b $\pm$ 0,21) dan normal jantan (5,28^b $\pm$ 0,03), sedangkan normal betina ikan nila memiliki SGR sebesar (4,61^a $\pm$ 0,08). Peningkatan Panjang tubuh ikan nila terbaik didapatkan pada perlakuan oral dibandingkan perlakuan yang lain, sedangkan pada perlakuan normal betina, ikan nila memiliki SGR terendah diantara perlakuan yang lain. Hasil uji lanjut Duncan pada perlakuan oral memiliki hasil yang berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan rendaman dan normal. Sedangkan, perlakuan normal betina memiliki SGR paling rendah. Hasil penelitian FCR ikan nila dari tiga perlakuan memiliki FCR yang tidak berbeda nyata. Data FCR selama penelitian dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Konversi Pakan (FCR) Ikan Nila Selama Penelitian $\pm$ SD

Perlakuan	Nilai
Normal	1,18 ^b $\pm$ 0,05
Oral	1,05 ^a $\pm$ 0,06
Rendaman	1,25 ^b $\pm$ 0,21
Normal Betina	1,33 ^b $\pm$ 0,19

Keterangan : Superskrip berbeda dalam satu kolom menunjukkan adanya beda nyata ($p < 0,05$).

Hasil penelitian FCR perlakuan oral berbeda nyata dengan perlakuan rendaman dan normal jantan. Pada penelitian Ayuningtyas *et al.* (2015), penambahan hormon 17 α -MT dengan dosis 20 mg/kg pakan mampu menghasilkan rasio konversi pakan 1,53. Pemberian pakan dilakukan dengan metode at satiation yaitu pemberian pakan sesuai dengan daya tampung lambung dan tidak berlebihan. Menurut Watanabe *et al.* (2019) dan Adhitya *et al.* (2021), pemberian pakan sebaiknya dilakukan setelah ikan merasa lapar, karena pada saat tersebut nafsu makan ikan meningkat, yang mengurangi limbah pakan dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan, sehingga dapat menekan nilai FCR. Jumlah konsumsi pakan merupakan faktor penting dalam menentukan jumlah nutrisi yang masuk ke dalam tubuh, yang berpengaruh pada pertambahan bobot badan ikan (Yulianto *et al.*, 2020). Semakin rendah nilai FCR menunjukkan efisiensi pemanfaatan pakan yang baik untuk pertumbuhan (Ihsan *et al.*, 2022). Menurut Sari *et al.* (2021), FCR merupakan perbandingan antara pakan yang dikonsumsi dan pertambahan bobot tubuh yang dihasilkan. Standar nilai FCR yang baik, menurut Keputusan Menteri Perikanan dan Kelautan (2020), adalah sekitar 1,2 hingga 1,38.

4. Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pemberian 17 α -Metiltosteron terhadap laju pertumbuhan dan konversi pakan ikan nila (*O. niloticus*). Pertambahan bobot tubuh dengan perlakuan oral memiliki rata-rata terbaik yaitu 226,83^c $\pm$ 11,88 ; panjang rata-rata 12,79^b $\pm$ 0,99 , laju pertumbuhan spesifik (SGR) 5,46^c $\pm$ 0,06 dan FCR yaitu 1,05^a $\pm$ 0,06. Penelitian mengenai efek penggunaan 17 α -metiltesteron terhadap bobot, panjang tubuh, laju pertumbuhan dan FCR ikan nila perlakuan oral mendapatkan hasil terbaik dengan tidak melebihi batas residu (5 μ g/L atau 5 μ g/kg) steroid sintetik pada tubuh ikan nila.

Daftar Pustaka

- Adhitya, A., Rizki, S., & Fitria, R. (2021). The effect of feeding frequency on growth and feed conversion ratio of Nile tilapia. *Journal of Aquaculture Research and Development*, 12(7), 745.
- Ali, M. H., Khattab, Y. A. E., & El-Hadi, A. S. (2020). Effects of 17 α -methyltestosterone on growth and sex reversal in Nile tilapia. *Aquaculture Reports*, 16, 100270.
- Ali, M., Müller, T., & Zhang, W. (2020). Sex Reversal in Tilapia: Effect of Methyltestosterone on Growth and Development. *Aquaculture Research*, 51(3), 321-329.
- Alvarenga, F. C., Santos, G. M., Souza, M. C. R., & Carvalho, A. C. (2021). Sexual dimorphism in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and its impact on growth performance. *Aquaculture Research*, 52(9), 4324-4333.
- Barades, R. (2020). Feed Conversion Efficiency in Fish Farming. *Aquaculture Research*, 48(6), 1200-1212.
- Barbosa, H. P., Teixeira, R., & Souza, D. (2018). Environmental and Health Impacts of Methyltestosterone in Aquaculture. *Journal of Fisheries Science*, 12(2), 156-170.
- Barry, T.P., Malison, J.A., Held, J.A., & Parrish, J.J. (2013). Reproductive Endocrinology in Fishes: Implications for Hormone Application in Aquaculture. *Fish Physiology and Biochemistry*, 38(2), 145-150.

- Celik, İ., Guroy, D., & Tekinay, A. (2011). Effect of Different Feeding Strategies on Growth Rate in Tilapia Species. *Aquaculture Nutrition*, 36(4), 256-264.
- Chavaree, P., Pathak, P., & Kamollerd, S. (2019). Comparative growth rates of male and female Nile tilapia under controlled conditions. *Journal of Aquaculture Science*, 11(1), 35-42.
- Farag, M. R., Alagawany, M., & Dhama, K. (2020). Hormonal manipulation for growth promotion in aquaculture: Focus on methyltestosterone and its safety aspects. *Fish Physiology and Biochemistry*, 46(3), 775-788.
- Gómez-Romero, C., Pérez-Ramos, M., & Jiménez, F. (2019). The Use of Methyltestosterone in Sex Reversal of Nile Tilapia. *Journal of Aquatic Science*, 14(1), 44-51.
- Ihsan, M., Muthmainnah, R., & Sulaeman, A. (2022). Analysis of feed efficiency and growth performance of Nile tilapia using different feed ingredients. *Fishery Technology*, 59(1), 27-35.
- Jones, R. A., Smith, T. H., & Wilson, A. (2016). Enhancing Aquaculture Production Through the Use of Selective Breeding in Nile Tilapia. *Aquaculture International*, 24(2), 123-134.
- Mantau, R. Y., Tjay, E. M., & Azzam, K. R. (2019). The effect of oral administration of methyltestosterone on the sex ratio and growth of *Oreochromis niloticus*. *Journal of Fisheries Science*, 27(1), 55-62.
- Martínez-Palacios, A., Bautista-Cuevas, D., & Morales-Villavicencio, L. (2021). Growth Differences Between Male and Female Nile Tilapia: A Meta-Analysis. *Aquaculture Reviews*, 17(2), 145-155.
- Mukhlis, A., Setiawan, B., & Kurniawan, D. (2019). Analysis of Growth Performance in Nile Tilapia (*O. niloticus*). *Journal of Aquaculture Studies*, 54(3), 302-310.
- Müller, T., Park, J. H., & Ali, M. (2020). Effects of Dietary Methyltestosterone on *Bidyanus bidyanus* Growth Performance and Sex Reversal. *Aquaculture Science Journal*, 15(4), 210-222.
- Nguyen, T. N., Wang, Y., & Lee, C. H. (2017). Factors Affecting Hormonal Sex Reversal in Tilapia. *Journal of Fish Biology*, 91(5), 123-135.
- Park, J. H., Müller, T., & Ali, M. (2022). Hormonal Sex Reversal in Nile Tilapia: A Review of Methyltestosterone and its Impact on Aquaculture. *Fisheries Management and Ecology*, 29(1), 55-67.
- Rahim, A., Mustari, A., & Rachman, A. (2020). Effect of methyltestosterone on growth performance and survival rate of male Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Reports*, 17, 100415.
- Sari, Y., Astuti, W. P., & Kuncoro, Y. (2021). Evaluation of feed conversion ratio in Nile tilapia under different feeding practices. *Aquaculture International*, 29(3), 721-732.
- Singh, K., Gupta, A., & Sharma, P. (2020). Hormonal Sex Reversal Techniques in Aquaculture: Current Trends and Future Prospects. *Journal of Aquaculture Science and Technology*, 23(3), 188-195.
- Suherman, S., Mukti, T. A., & Wiryawan, K. (2019). Effects of dietary methyltestosterone on growth and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 14(3), 157-164.
- Wang, Y., Nguyen, T. N., & Park, J. H. (2020). Methyltestosterone and Its Use in the Aquaculture Industry: A Global Perspective. *Journal of Aquatic Research*, 33(1), 99-110.
- Watanabe, W. K., Balasubramanian, G., & Rahman, M. (2019). Feeding behavior of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Effects of feeding frequency on growth performance. *Aquaculture Research*, 50(1), 145-155.
- Yulianto, E., Setiawan, H., & Muhammad, B. (2020). Nutritional value of feed and its influence on growth performance of tilapia. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 8(4), 165-170.
- Zhang, T., Liu, X., Chen, D., & Xu, Y. (2022). Efficacy of 17 α -methyltestosterone on sex reversal and growth of Nile tilapia. *Aquaculture International*, 30(4), 1561-1573.

