
IbM Metode Seleksi untuk Analisis Karakter Pertumbuhan dan Fekunditas Ikan Nila di POLOBETE *Fishfarm* Sulawesi Selatan

Irmawati^{1,2}, Joeharnani Tresnati², Siti Aslamyah², Siti Halimah Larekeng³, Ince Ayu Khairana Kadriah⁴

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi Lembaga penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Makassar 90245, Indonesia

Email: trif.ahwa@gmail.com

²Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Makassar 90245, Indonesia

³Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Makassar 90245, Indonesia

⁴Pusat Penelitian Perikanan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Raya Bogor No.970, Nanggewer Mekar Cibinong Jawa barat 16915, Indonesia

Artikel info

Abstract. *POLOBETE Fish Farm is a private hatchery that uses biofloc technology located in Pinrang Regency, South Sulawesi. It has 18 tilapia biofloc ponds and one nursery pond. The problem faced by POLOBETE Fishfarm is that it has not been able to meet market demand for seeds both in quality and quantity. Genetic improvement with selection methods for growth characteristics and fecundity is a solution to increase the quantity and quality of tilapia seed production at POLOBETE Fishfarm. The Fisheries Research Team from the Research and Development Centre for Biotechnology, Institute of Research and Community Service, Universitas Hasanuddin, provided assistance and direct demonstration to POLOBETE fish farmer with truss morphometric methods and fecundity analysis as parameters for selection progress. Data on the morphological and fecundity characters of selected fish can be used to assess the progress of selection. The result of the community service is that POLOBETE Fishfarm has applied both methods to assess generations/progeny resulting from crosses between Nile tilapia *Oreochromis niloticus* Kekar (♂) and *O. niloticus* Kekar (♀) and hybridization between *O. niloticus* Kekar (♂) and *O. niloticus* Sultana (♀). Furthermore, both truss morphometric and fecundity methods can be used by POLOBETE Fishfarm on production program of XY neofemale, YY supermale, and YY female.*

Abstrak. *POLOBETE Fishfarm adalah usaha akuakultur yang menerapkan sistem bioflok yang berlokasi di Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan, memiliki 18 kolam terpal bioflok ikan nila dan satu buah kolam pendederan. Permasalahan yang dihadapi oleh POLOBETE Fishfarm adalah belum mampu memenuhi kebutuhan pasar akan benih baik secara kualitas maupun kuantitas. *Genetic improvement* dengan metode seleksi untuk karakter pertumbuhan dan fekunditas adalah solusi untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas produksi benih. Tim Riset Perikanan dari Lembaga Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi LPPM Universitas Hasanuddin, memberi pendampingan dan demonstrasi langsung kepada POLOBETE Fishfarm tentang metode *truss* morfometrik untuk menilai morfologi ikan dan metode*

analisis fekunditas untuk menilai jumlah telur atau jumlah larva (fekunditas) sebagai parameter kemajuan seleksi. Data karakter morfologi dan fekunditas ikan-ikan hasil seleksi tersebut dapat digunakan sebagai parameter untuk menilai kemajuan seleksi. Hasil dari pengabdian adalah POLOBETE *Fishfarm* telah mengaplikasikan kedua metode tersebut untuk menilai progeny hasil persilangan antara *Oreochromis niloticus* Kekar (♂) dan *O. niloticus* Kekar (♀) serta hibridisasi antara *O. niloticus* Kekar (♂) dan *O. niloticus* Sultana (♀). Metode *truss* morfometrik dan fekunditas selanjutnya dapat digunakan oleh POLOBETE *Fishfarm* pada program produksi XY *neofemale*, YY *supermale*, dan YY *female*.

Keywords:

fekunditas;
hibridisasi; ikan
nila;
Oreochromis
niloticus;
Truss morfometrik.

Corresponden author:Email: trif.ahwa@gmail.com

artikel dengan akses terbuka di bawah lisensi CC BY -4.0

PENDAHULUAN

Ikan nila, *Oreochromis niloticus*, adalah spesies akuakultur paling populer dan dibudidayakan di lebih dari 120 negara di seluruh dunia (Silva et al., 2023; Charo-Karisa, 2022; Barroso et al. 2019). Indonesia merupakan eksportir ikan nila peringkat kedua setelah China. Produksi ikan melalui kegiatan akuakultur terus meningkat dan merepresentasikan hampir 50% total produksi perikanan global, dengan peningkatan produksi mencapai lebih dari 500% sejak tahun 1990-an (FAO, 2020). Trend tersebut telah menciptakan kesenjangan antara pasokan dengan permintaan benih untuk pembesaran dan merupakan tantangan utama yang dihadapi oleh industri ikan nila saat ini (El-Sayed et al., 2012).

Ikan nila merupakan ikan konsumsi dengan *produksi* (1.300.529,23 ton) dan valuasi tertinggi dan merupakan salah satu penyumbang terbesar devisa Indonesia setelah rumput laut (KKP, 2021). Namun demikian, masalah global yang dihadapi oleh hatchery dan industri ikan nila, termasuk di Indonesia, adalah produksi telur atau fekunditas yang rendah dan *asynchronous spawning* induk ikan betina (Jalabert & Zohar, 1982; Little et al., 1993). Variasi pada karakter umur pertama kali matang gonad, fekunditas, dan frekuensi *spawning*, baik di dalam maupun antar strain juga dilaporkan menjadi kendala di dalam manajemen pembenihan ikan nila (Bhujel, 2000). Selain itu, kualitas induk dan benih unggul yang semakin menurun akibat *inbreeding* yang tidak terkontrol di kalangan pembudidaya turut andil dalam menurunnya kualitas dan kuantitas produksi ikan nila di Indonesia. Semua kendala yang dipaparkan di atas juga menjadi kendala bagi POLOBETE *Fishfarm* dalam memproduksi benih yang berkualitas dan kontinyu.

Pembudidaya ikan nila di Sulawesi Selatan termasuk POLOBETE *Fishfarm* juga masih menerapkan model budidaya campuran. Model budidaya campuran menyebabkan produktivitas yang rendah karena dengan model tersebut akan menyebabkan *early sexual maturation* (Rana, 1988) dan fenomena pemijahan liar (*unwanted reproduction*) yang menyebabkan *overcrowding* (Golan & Levavi-Sivan, 2014). Kondisi tersebut sangat mengganggu kinerja kegiatan pembesaran ikan, yaitu menekan pertumbuhan serta memperlambat waktu dan mereduksi hasil panen yang berimplikasi pada meningkatnya kebutuhan pakan. Ukuran/size ikan yang dipanen juga sangat bervariasi akibat sistem budidaya campuran, dari size 2 - 9 ekor per kilogram, yang menunjukkan ketidakseragaman pertumbuhan ikan. Model budidaya campuran berlangsung disebabkan karena ketidakpahaman pembudidaya ikan nila akan karakter pertumbuhan dan reproduksi ikan nila dan pengadaan benih yang tidak menjamin bahwa benih yang diterima dan akan ditebar untuk pembesaran adalah 100% jantan. Pada ikan nila, jantan memiliki laju tumbuh dan ukuran yang lebih besar dibandingkan betina (Bhatta et al., 2012; Lind et al. 2015).

Meskipun seluruh parameter budidaya telah optimal, akan tetapi apabila benih yang digunakan tidak berkualitas, maka produktivitas maksimal tidak akan tercapai. Sebaliknya, ketika lingkungan kurang optimal, aplikasi benih yang diaplikasikan adalah benih unggul yang memiliki adaptability tinggi, maka akan menyangga kekurangan tersebut sehingga produktivitas budidaya masih dapat terjaga (Alimuddin, 2021). Berdasarkan latar belakang tersebut sehingga kegiatan IbM metode seleksi untuk analisis karakter pertumbuhan dan fekunditas ikan nila di POLOBETE *Fishfarm* Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan dilaksanakan. Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk memperkenalkan parameter seleksi pada *breeding program* ikan nila ke POLOBETE *Fishfarm* selaku salah satu pioner hatchery ikan nila di Sulawesi Selatan dan meningkatkan skill mereka dalam menganalisis kemajuan seleksi dalam rangka produksi benih berkualitas.

Metode

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan dengan metode demonstrasi dan pendampingan langsung. Kegiatan ini merupakan kegiatan lanjutan dari *Matching Fund* Kedaireka tahun 2022, yang berlanjut pada tahun 2023 dengan sumber dana dari Hibah Pengabdian Internal LPPM Universitas Hasanuddin Tahun Anggaran 2023 dan pendanaan dari mitra POLOBETE *Fishfarm*. Kegiatan pengabdian, selain melibatkan insan Perguruan Tinggi dan POLOBETE *Fishfarm*, juga melibatkan insang Pusat Penelitian Perikanan, Balai Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Insang Perguruan Tinggi terdiri atas dosen, mahasiswa magang, dan mahasiswa penelitian kampus merdeka belajar.

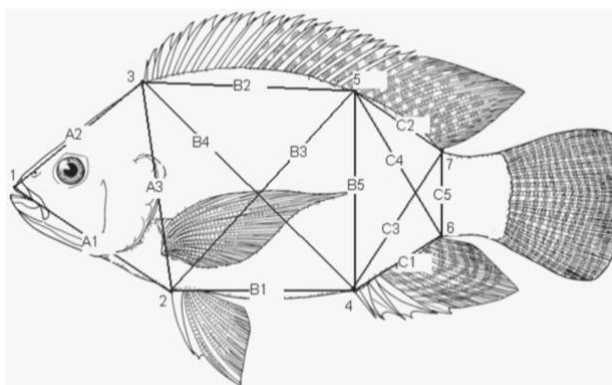
Kegiatan diawali dengan *kick off meeting* antara tim pelaksana dan POLOBETE *Fishfarm*. *Kick off meeting* dilaksanakan untuk menjelaskan ruang lingkup, tahapan, dan jadwal pelaksanaan kegiatan. Selanjutnya dilakukan kuliah singkat tentang parameter-parameter seleksi calon induk, yang dilanjutkan dengan pendampingan tentang metode analisis parameter-parameter seleksi dalam hal ini difokuskan pada parameter karakter pertumbuhan dan fekunditas. Untuk karakter pertumbuhan, yaitu dengan menyeleksi 50% ikan berdasarkan bobot tertinggi dan karakter bentuk tubuh menggunakan metode *truss* morfometrik (Brzeski & Doyle, 1988). Seleksi terhadap ikan nila dengan karakter laju tumbuh penting karena merupakan parameter yang akan digunakan untuk menilai peningkatan bobot fillet (Nguyen et al., 2010; de Oliveira et al., 2016). Seleksi calon induk betina berdasarkan karakter fekunditas, dilakukan dengan menghitung jumlah telur di mulut dan jumlah telur di gonad (Nzohabonayo et al., 2017; Irmawati et al., 2019).

Hasil Dan Pembahasan

POLOBETE *Fishfarm* adalah salah satu pembudidaya ikan nila di Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan dengan bentuk usaha pembesaran menggunakan sistem bioflok. Sebelum kegiatan *Matching Fund* Kedaireka (MFK) 2022, pengadaan benih berasal dari Pulau Jawa. Sumber benih yang jauh menyebabkan biaya produksi meningkat sehingga produk ikan nila konsumsi yang dihasilkan kurang mampu bersaing di pasar di tengah melemahnya permintaan dan daya beli masyarakat akibat pandemi Covid-19. Melalui kegiatan pengadaan induk unggul dan calon induk serta inovasi *breeding program*, POLOBETE *Fishfarm* berhasil mempertahankan usahanya di tengah dampak *lockdown* melalui produksi benih secara mandiri untuk memenuhi kebutuhan input usahanya. Studi yang dilakukan oleh Alam et al., (2022) mengungkapkan bahwa COVID-19 telah menimbulkan banyak tantangan bagi pelaku rantai pasok ikan, termasuk kekurangan input, kurangnya bantuan teknis, ketidakmampuan untuk menjual produk, pembatasan ekspor ikan, dan harga ikan yang rendah. Kegiatan IbM metode seleksi karakter pertumbuhan dan fekunditas untuk memproduksi benih dengan karakter tumbuh cepat dan kuantitas tinggi telah memberi kontribusi besar bagi POLOBETE *Fishfarm* untuk tetap mempertahankan produktivitasnya di tengah kondisi yang belum stabil pasca *lockdown*.

Pendampingan metode seleksi untuk karakter pertumbuhan dan fekunditas telah terlaksana pada bulan Februari hingga Juli 2023. Karakter pertumbuhan berdasarkan bobot dan fekunditas dipantau setiap dua minggu. Pada saat ikan nila berumur 3-4 bulan dilakukan pendampingan untuk menganalisis bentuk/dimensi tubuh calon induk menggunakan metode *truss* morfometrik dan analisis fekunditas di mulut dan gonad. Kedua kegiatan tersebut dilaksanakan di hatcheri POLOBETE *Fishfarm* yang berlokasi di Kariango Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan. Ilustrasi dan deskripsi karakter *truss* morfometrik, telur ikan nila yang telah terbuahi di mulut, dan foto kegiatan disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 1, Gambar 2, dan Gambar 3.

Selain pendampingan untuk analisis bentuk/dimensi tubuh, juga dilakukan transfer *knowledge* bahwa benih dengan laju pertumbuhan tinggi dapat diproduksi dari induk bergenotype XY neofemale dan induk YY supermale yang diproduksi dari induk hasil seleksi (Irmawati et al., 2022).



Gambar 1. Lokasi tujuh titik pangkal (*landmark*) untuk memperoleh 13 karakter *truss* morfometrik ikan nilai. (1) ujung terdepan mulut, (2) pangkal terdepan sirip perut, (3) pangkal terdepan sirip dorsal, (4) pangkal terdepan sirip anal, (5) pangkal terakhir jari-jari keras sirip dorsal, (6) ujung pangkal bagian belakang sirip anal, (7) ujung pangkal bagian belakang sirip dorsal. Sumber: Brzeski & Doyle, (1988)

Tabel 1. Deskripsi 13 karakter *truss* morfometrik ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang digunakan untuk menilai keberhasilan seleksi untuk karakter pertumbuhan

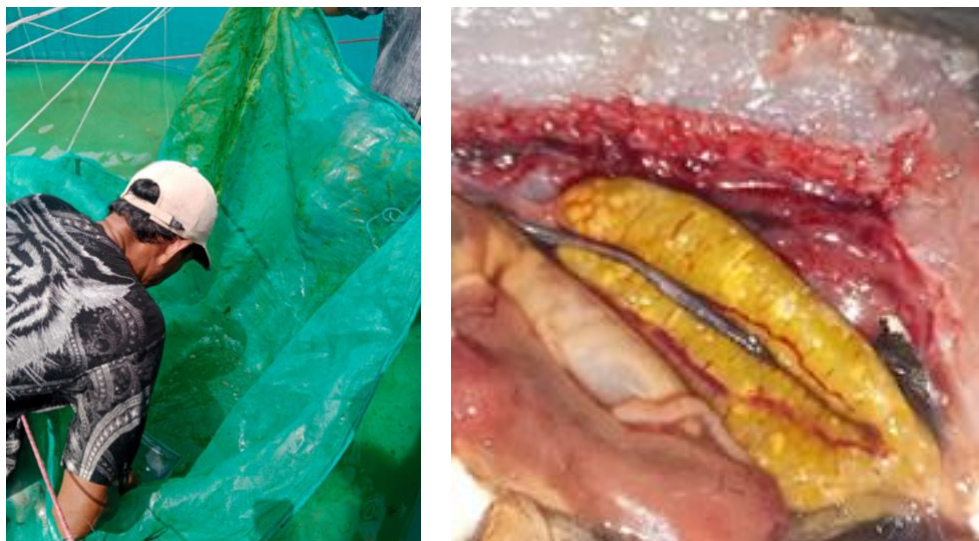
Kode	Deskripsi
A1	Jarak antara ujung terdepan mulut dengan pangkal terdepan sirip perut
A2	Jarak antara ujung terdepan mulut dengan pangkal terdepan sirip dorsal
A3	Jarak antara pangkal terdepan sirip dorsal dengan pangkal terdepan sirip perut
B1	Jarak antara pangkal terdepan sirip perut dengan pangkal terdepan sirip anal
B2	Jarak antara pangkal terdepan sirip dorsal dengan pangkal terakhir jari-jari keras sirip dorsal
B3	Jarak antara pangkal terdepan sirip perut dengan pangkal terakhir jari-jari keras sirip dorsal
B4	Jarak antara pangkal terdepan sirip dorsal dengan pangkal terdepan sirip anal
B5	Jarak antara pangkal terdepan sirip anal dengan pangkal terakhir jari-jari keras sirip dorsal
C1	Jarak antara pangkal terdepan sirip anal dengan ujung pangkal bagian belakang sirip anal
C2	Jarak antara pangkal terakhir jari-jari keras sirip dorsal dengan ujung pangkal bagian belakang sirip dorsal
C3	Jarak antara pangkal terdepan sirip anal dengan ujung pangkal bagian belakang sirip dorsal
C4	Jarak antara pangkal terakhir jari-jari keras sirip dorsal dengan ujung pangkal bagian belakang sirip anal
C5	Jarak antara ujung pangkal bagian belakang sirip anal dengan ujung pangkal bagian belakang sirip dorsal



Gambar 2. Dokumentasi kegiatan pendampingan pada lbM metode seleksi untuk karakter pertumbuhan (kiri) dan fekunditas di mulut (kanan) ikan nila (*Oreochromis niloticus*)

Transfer teknologi dan transfer *knowledge* untuk parameter fekunditas, dilakukan dengan melakukan pendampingan tentang metode mengestimasi fekunditas di mulut dan fekunditas di gonad. Selain itu, juga dijelaskan beberapa metode untuk mengatasi fekunditas yang rendah, *asynchronous spawning*, dan kelangsungan hidup. Fekunditas, kualitas telur/larva, dan kelangsungan hidup dapat ditingkatkan dengan manipulasi lingkungan (suhu), photoperiod, umur pertama kali matang gonad, manipulasi padat tebar, dan rasio jenis kelamin ($3 \text{ ♀} : 1 \text{ ♂}$ per m^{-1}) (Tsadik et al. 2007). Kelangsungan hidup telur berkorelasi dengan diameter telur, semakin kecil diameter telur semakin rendah kelangsungan hidup (Trong et al. 2013). Usia atau umur induk ikan menentukan fekunditas, kualitas telur, dan interval pemijahan (Irmawati et al. 2022).

Produksi atau jumlah telur/larva ikan nila juga dapat ditingkatkan dengan metode hibridisasi, mengatur kandungan protein pakan, dan *feeding* frekuensi (*feeding level*). Fekunditas absolut *Oreochromis karongae* (♀) ketika disilangkan dengan *O. shiranus* (♂) meningkat, dimana jumlah telurnya lebih banyak dibandingkan jumlah telur hasil perkawinan murni *O. karongae* (Nzohabonayo et al. (2017). Fenomena serupa terjadi pada hibridisasi antara *Tilapia aurea* dan *Tilapia hornorum* (fekunditas = 1905 larva per induk betina). Induk betina *T. hornorum* yang kawin murni menghasilkan 1800 larva sedangkan *T. urea* menghasilkan 1216 larva (Pinto, 1982). Pada kegiatan pengabdian ini, kisaran fekunditas gonad ikan nila hibrid *O. niloticus* Kekar (♂) dan *O. niloticus* Sultana (♀) umur tiga bulan adalah 841-1175 butir. Adapun kisaran fekunditas di mulut dan di gonad untuk ikan nila strain Kekar galur murni umur delapan bulan berturut-turut adalah 1162 dan 1597 butir. Sampling calon induk untuk analisis *truss* morfometrik dan analisis fekunditas serta morfologi gonad hasil hibridisasi antara strain ikan nila *O. niloticus* Kekar (♂) dan *O. niloticus* Sultana (♀) umur tiga bulan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Sampling calon induk ikan nila (kiri) dan morfologi gonad ikan nila hibrid *O. niloticus* Kekar dan *O. niloticus* (kanan) pada kegiatan pengabdian "IbM Metode Seleksi untuk Karakter Pertumbuhan dan Fekunditas Ikan Nila".

Di akhir kegiatan pengabdian, dilakukan pendampingan untuk analisis data. Data bentuk/dimensi tubuh ikan nila; performa pertumbuhan: bobot (W), panjang standar (SL), panjang kepala (HL), dan *body depth* (BD) *daily gain* (DG); dan data fekunditas digunakan untuk menilai kemajuan *breeding program*. Bentuk tubuh (*body shape*) adalah rasio antara *body depth* (BD) dengan panjang standar (SL) yang diberi simbol: $DL-R$. $DL-R$ dikalkulasi menggunakan formula $DL-R = \left(\frac{BD}{BL}\right) - 0,5$, dimana BD = *body depth* = tinggi badan, $BL = SL - HL$, dan $0,5$ adalah nilai arbitrary yang mempertimbangkan bahwa $BL = 2 (BD)$. Deviasi positif dari $0,5$ menunjukkan bahwa bentuk tubuh ikan adalah bulat. DG dianalisis menggunakan formula: $DG = W/umur$, dimana W = biomassa panen dan umur = umur dari penebaran hingga panen (de Oliveira et al. 2016). Sebanyak 50% individu-individu di setiap *family* yang memiliki nilai tertinggi dapat digunakan sebagai induk untuk memproduksi generasi berikutnya.

Simpulan Dan Saran

Kegiatan IbM metode *truss* morfometrik dan analisis fekunditas di gonad dan di mulut ikan nila untuk menilai kemajuan seleksi karakter pertumbuhan dan fekunditas bagi calon induk ikan nila dinyatakan berhasil. Hal tersebut karena melalui kegiatan pengabdian ini, POLOBETE *Fishfarm* telah menerapkan metode tersebut pada persilangan antara *O. niloticus* Kekar (σ) dan *O. niloticus* Kekar (♀) serta hibridisasi antara *O. niloticus* Kekar (σ) dan *O. niloticus* Sultana (♀). Sebelum kegiatan pengabdian, POLOBETE *Fishfarm* melakukan seleksi hanya berdasarkan bobot tubuh ikan nila. Untuk meningkatkan performa kinerja atau produktivitas ikan nila produksi POLOBETE *Fishfarm* disarankan untuk memperbesar jumlah populasi efektif untuk mencegah *inbreeding* dan meningkatkan keragaman genetik. Ikan nila hasil seleksi selanjutnya dapat digunakan untuk memproduksi benih *all-male* melalui produksi induk XY *neofemale*, YY *supermale* dan YY *female*.

Daftar Rujukan

- Alam, G.M.M., Sarker, M.N.I., Gatto, M., Bhandari, H., Naziri, D. (2022). Impacts of COVID-19 on the fisheries and aquaculture sector in developing countries and Ways Forward. 14, 1071. <https://doi.org/10.3390/su14031071>
- Alimuddin. (2021). Rekayasa Genetika Ikan dalam Rangka Peningkatan Produksi Perikanan Budidaya. Orasi Ilmiah Guru Besar IPB University, 23 Oktober 2021.
- Barroso, M., Munoz, P.E., Cal, J. (2019). Social and economic performance of tilapia farming in Brazil. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular* No.1181. Rome, FAO. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. [Social and economic performance of tilapia farming in Brazil \(fao.org\)](https://www.fao.org/publications/default.aspx?info=9789251045111)
- Bhatta, S., Iwai, T., Miura, T., Higuchi, M., Maugars, G., Miura, C. (2012). Differences between male and female growth and sexual maturation in tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Kathmandu University Journal of Science, Engineering, and Technology*, 8(2),57-65. <https://www.researchgate.net/publication/275906690>
- Bhujel, R.C. (2000). A review of strategies for the management of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodfish in seed production systems, especially hapa-based systems. *Aquaculture*, 181:37-59. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00217-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00217-3)
- Brzesky, V.J., Doyle, R.W. (1988). A morphometric criterion for sex discrimination in tilapia. In Pullin RSV, Bhukaswan T, Tonguthai K and Maclan JL (Eds.), *The second International Symposium on Tilapia in Aquaculture, ICLARM Conference Proceeding, Bangkok, Thailand*. 15, 439-444. <https://www.researchgate.net/publication/311539161>
- Charo-Karisa, H. (2022). Tilapia. In *Reference Module in Food Science*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85125-1.00133-2>
- de Oliveira, C.A.L., Ribeiro, R.P., Yoshida, G.M., Kunita, N.M., Rizzato, G.S., de Oliveira, S.N., dos Santos, A.I., Nguyen, N.H. (2016). Correlated changes in body shape after five generations of selection to improve growth rate in a breeding program for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in Brazil. *J. Appl. Genetics*, 57,487-493. <https://doi.org/10.1007/s13353-016-0338-5>
- El-Sayed, A.F.M., Abdel-Aziz, E.S.H., Abdel-Ghani, H.M.A. (2012). Effects of phytoestrogens on sex reversal of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae fed diets treated with 17- α methyltestosterone. *Aquaculture*, 360-361, 89-63. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.07.010>
- FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. In *Inform 2020th-SOFIA ed.*, 32(6). <https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- Golan, M., Levavi-Sivan, B. (2014). Artificial masculinization in tilapia involves androgen receptor activation. *General and Comparative Endocrinology*, 207:50-55. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2014.04.026>
- Irmawati, Budi, D.S., Larekeng, S.H., Kadriah, I.A.K., Ulkhaq, M.F., Kamaruddin, Aslamyah, S., Iswanto. (2022). Teknologi Produksi Ikan Nila Monoseks Jantan. *Nasmedia*, 58 halaman.
- Irmawati, Tresnati, J., Nadiarti, Fachruddin, L. (2019). Sex differentiation and Gonadal development of striped snakehead (*Channa striata* Bloch, 1793). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 253, 012007. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/253/1/012007>
- Jalabert, B., Zohar, Y. (1982). Reproductive physiology in cichlid fishes, with particular reference to Tilapia and Sarotherodon, p.129-140. In: Pullin RSV, Lowe-McConnell RH (Eds.). *The biology and culture of tilapias, ICLARM Conference Proceedings 7, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines*, 432 pp. <https://hal.science/hal-01600571/document>
- KKP. (2021). Statistik Produksi Perikanan Kelautan Perikanan. https://statistik.kkp.go.id/home.php?m=prod_ikan_prov&i=2#panel-footer-kpda
- Lind, C.E., Safari, A., Agyakwah, S.K., Attipoe, F.Y.K., El-Naggar, G.O., Hamzah, A., Hulata, G., Ibrahim, N.A., Khaw, H.L., Nguyen, N.H., Maluwa, A.O., Zaid, M., Zak, T., Ponzoni, R.W. (2015). Differences in sexual size dimorphism among farmed tilapia species and strains undergoing

- genetic improvement for body weight. *Aquaculture Reports*, 1, 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.03.003>
- Little, D.C., Macintosh, D.J., Edwards, P. (1993). Improving spawning synchrony in the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture and Fisheries Management*, 24,399-405. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1993.tb00563.x>
- Nguyen, N.H., Ponzoni, R.W., Abu-Bakar, K.R., Hamzah, A., Khaw, H.L., Yee, H.Y. (2010). Correlated response in fillet weight and yield to selection for increased harvest weight in genetically improved farmed tilapia (GIFT strain), *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 305 (1-4), 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.04.007>
- Nzohabonayo, E., Kassam, D., Kang'ombe, J. (2017). Effect of hybridisation on fecundity of *Oreochromis karongae* (Trewavas 1941). *Egyptian Journal of Aquatic Research*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejar.2017.07.002>
- Pinto, L.G. (1982). Hybridization between species of tilapia. *Transactions of the American Fisheries Society*, 111(4), 481-484. [http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659\(1982\)111:2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659(1982)111:2.0.CO;2)
- Rana, K. (1988). Reproductive Biology and the Hatchery Rearing of Tilapia Eggs and Fry. In: Muir, J.F., Roberts, R.J. (eds) *Recent Advances in Aquaculture*. Springer, Dordrecht, 343-406. https://doi.org/10.1007/978-94-011-9743-4_5
- Silva, R.C., Britto, D.M.C., Santos, C.A., Giordani, S.C.O., Pedreira, M.M. (2023). Sexual differentiation and sex reversal in tilapia (*Oreochromis niloticus*) by hormone 17- α methyltestosterone similar to that used in cultivation systems. *Aquaculture*, (574), 739624. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739624>
- Trong, T.Q., van Arendonk, J.A.M., Komen, H. (2013). Genetic parameters for reproductive traits in female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): II. Fecundity and fertility. *Aquaculture*, (416-417), 72-77. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.08.031>
- Tsadik, G.G., Bart, A.N. (2007). Effects of feeding, stocking density, and water-flow rate on fecundity, spawning frequency and egg quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, 272, 380-388. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.08.040>

