



ENSIKLOPEDIA MINI PERIKANAN: TILAPIA



Cetakan 2022

© Institut Penyelidikan Perikanan (FRI) Malaysia

Hak Cipta Terpelihara. Tidak dibenarkan mengeluarkan mana-mana bahagian artikel, ilustrasi, dan isi kandungan buku ini dalam apa juga bentuk dan dengan apa jua sama ada cara elektronik, fotokopi, mekanik, rakaman, atau cara lain sebelum mendapat izin daripada Ketua Pengarah Jabatan Perikanan Malaysia. Perundingan tertakluk kepada perkiraan royalti atau honorarium.

All rights reserved. No part of the articles, illustrations and contents of this Awamation may be reproduced in any form and by any means, electronic, photocopying, mechanical, recording or otherwise without prior permission of the Director General of Fisheries Malaysia. Negotiations are subject to the calculation of royalty or honorarium.

Perpustakaan Negara Malaysia
Siti Norita Mohamad

Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan

ENSIKLOPEDIA MINI PERIKANAN: TILAPIA / Siti Norita Mohamad, Wan Norhana Md Noordin, Noor Faizah Ismail, Shaharah Mohd Idris.

ISBN 978-967-2946-22-9

1. Tilapia--Encyclopedias.
 2. Freshwater fishes--Encyclopedias.
 3. Government Awamations--Malaysia.
 - I. Wan Norhana Md. Noordin. II. Noor Faizah Ismail.
 - III. Shaharah Mohd. Idris. IV. Judul.
- 639.377403

Diterbitkan oleh
Institut Penyelidikan Perikanan (FRI)
11960 Batu Maung,
Pulau Pinang
No Tel: 04 – 626 3925 / 26
No Fak: 04 – 626 2210
Email: fri_helpdesk@dof.gov.my



SENARAI KANDUNGAN

Pengarah Kanan Penyelidikan.....	4
Prakata.....	5
BAB 1 PENGENALAN.....	6
BAB 2 SEJARAH TERNAKAN.....	8
BAB 3 MAKLUMAT BIOLOGI.....	11
BAB 4 PENYAKIT TILAPIA.....	15
BAB 5 POLA PENGELUARAN TILAPIA.....	18
BAB 6 SISTEM DAN TEKNOLOGI TERNAKAN.....	23
BAB 7 PENYELIDIKAN & PEMBANGUNAN (R&D) DAN INOVASI BERKAITAN TILAPIA DI MALAYSIA.....	28
BAB 8 PRODUK HILIRAN DARIPADA IKAN TILAPIA.....	39
BAB 9 LAIN-LAIN MAKLUMAT.....	47
9.1 Dakwaan negatif terhadap ikan tilapia.....	47
9.2 Ikan tilapia sebagai ikan asing yang invasif.....	50
Penutup.....	51
Rujukan.....	52

PERUTUSAN PENGARAH KANAN PENYELIDIKAN



Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh dan selamat sejahtera. Alhamdulillah, syukur ke hadrat Allah SWT kerana dengan izinNya, Ensiklopedia Mini Perikanan: Tilapia berjaya diterbitkan. Di kesempatan ini, saya ingin merakamkan ucapan tahniah kepada pasukan pengarang kerana telah berjaya menghasilkan satu dokumen yang mempunyai banyak maklumat tentang tilapia khususnya maklumat daripada Malaysia. Seperti mana yang kita tahu maklumat dari sumber tempatan agak sukar didapati bagi tujuan rujukan setempat. Justeru, penerbitan ini adalah sangat tepat dan sesuai. Ia boleh dijadikan sumber rujukan yang penting oleh pihak berkepentingan seperti penternak, pelabur, pengusaha, pengurus perikanan, ahli akademik, penyelidik, pelajar serta masyarakat umum. Saya berharap selepas ini akan ada lagi siri ensiklopedia mini perikanan untuk spesies-spesies ikan utama lain di Malaysia.

Sekian, terima kasih.

YBrs. Dr. Azhar bin Hamzah
Pengarah Kanan Penyelidikan
Institut Penyelidikan Perikanan (FRI)



PRAKATA

Setinggi-tinggi syukur ke hadrat Allah SWT kerana dengan rahmat dan limpah kurniaNya, penulisan “Ensiklopedia Mini Perikanan: Tilapia” berjaya disempurnakan dan diterbitkan. Buku ini diterbitkan untuk berkongsi maklumat-maklumat penting mengenai ikan tilapia di Malaysia, khususnya maklumat seperti sejarah ternakan, maklumat biologi umum, potensi, pola pengeluaran, pengeluar benih, produk hiliran, status konservasi, impak dan sebagainya.

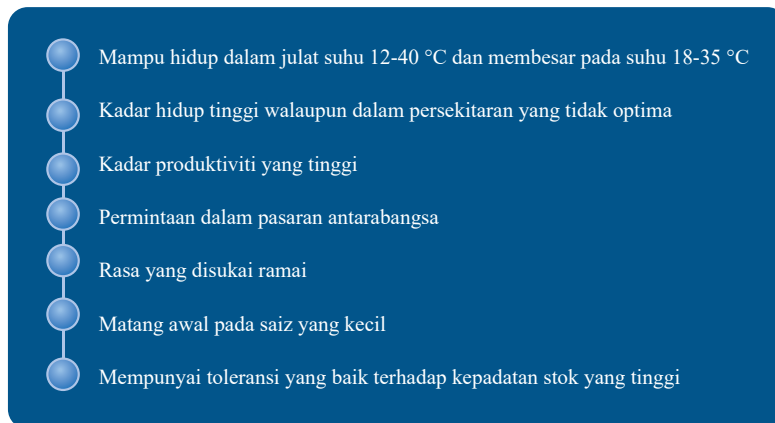
Kami ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada penyumbang foto dan maklumat iaitu Pejabat Perikanan Negeri Pahang, Pn. Norazizah Kemat, En. Nummeran Noordin (Bahagian Pengembangan Teknologi, Ibu Pejabat Perikanan), En. Mohd Syafiq Mohammad Ridzuan dan Dr. Padilah Bakar (NaFisH, FRI Batu Maung), Syarikat Ardara Holding Sdn Bhd, Cik Masurah A. Rahim, Dr. Kua Beng Chu dan Pn. Liyana Ramli dari FRI Batu Maung serta semua yang terlibat dalam penerbitan buku ini sama ada secara langsung ataupun tidak. Semoga buku ini dapat memberi manfaat kepada semua pembaca termasuk pengurus perikanan, pelabur, penternak, pelajar serta penggemar ikan tilapia di Malaysia.

PENGENALAN

Tilapia ialah nama generik bagi sekumpulan cichlid yang diwakili tiga genera penting iaitu i). *Oreochromis*, ii). *Sarotherodon* dan iii). Tilapia (Teichert-Coddington et al., 1997). Nama tilapia diambil daripada bahasa Latin untuk thiape iaitu perkataan Tswana (kumpulan etnik natif di Afrika Selatan) untuk “ikan”. Antara ciri utama yang membezakan ketiga-tiga genera tilapia adalah tingkah laku pembiakan. Semua tilapia adalah pembina sarang di mana telur yang disenyawakan akan segera dimasukkan ke dalam mulut induk dan dieram selama beberapa hari sehingga menetas. Dalam genus *Oreochromis* hanya induk betina yang mengeramkan telur, manakala untuk *Sarotherodon*, sama ada jantan atau kedua-dua jantan dan betina akan mengeramkan telur di dalam mulut (Towers, 2005).

Ikan tilapia juga dikenali dengan nama-nama lain seperti St. Peters fish, mojara, freshwater snapper, pla nil, malea and ngege. Di Filipina, ikan tilapia besar sering kali disebut pla-pla sementara tilapia kecil masih dikenali sebagai tilapia. Dalam bahasa Hebrew, tilapia dikenali sebagai amnoon (אמנון) manakala dalam bahasa Arab, tilapia dikenali sebagai bolty. Nama saintifik spesies tilapia telah banyak disemak dalam tempoh 30 tahun yang lalu dan banyak menimbulkan kekeliruan. Contohnya nama saintifik tilapia Nilo sahaja telah beberapa kali ditukar bermula dengan *Tilapia nilotica*, *Sarotherodon niloticus*, dan kini *Oreochromis niloticus* (Towers, 2005).

Ikan tilapia adalah antara ikan yang paling mudah dan menguntungkan untuk ditanam. Ini adalah disebabkan beberapa faktor seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.



Rajah 1: Faktor-faktor kelebihan tilapia sebagai calon ikan ternak

Pada masa ini, pengeluaran tilapia dunia melalui akuakultur mencecah 6.03 juta tan metrik (TM) dan merupakan kumpulan spesies ikan ternak bersirip yang kedua terpenting selepas ikan kap (FAO, 2020). Pengeluaran tilapia Nilo atau nama Inggerisnya Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)) mendominasi pengeluaran tilapia dunia dengan pengeluaran sebanyak 4,590,292 TM diikuti oleh tilapias nei (*Oreochromis* sp.)

(1,099,860 TM) (FAO, 2020). Pengeluaran tilapia meningkat dua kali ganda sejak tahun 2010 kerana kesesuaiannya untuk ditanam, kebolehpasaran dan harga yang stabil dengan purata pertumbuhan mencecah 10.1% antara 1999 dan 2018 (FAO, 2020). Populariti tilapia dijangka akan terus meningkat pada tahun-tahun akan datang. Ini adalah kerana harganya yang berpatutan, kandungan nutrisi yang baik, isi yang berwarna putih, rasa yang sedap, bau yang tidak terlalu hanyir dan sesuai dipadankan dengan pelbagai jenis perasa, sos serta boleh dimasak dengan bermacam cara masakan. Jadual 1 menunjukkan potensi industri tilapia sebagai satu sektor perniagaan yang menguntungkan dengan nilai pasaran yang sentiasa meningkat.

Jadual 1: Peningkatan harga pasaran tilapia dari tahun 1998 hingga 2018 (FAO, 2020)

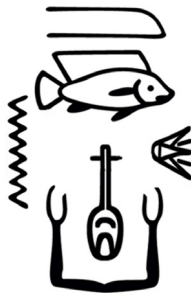
Tahun	Nilai Jualan Tilapia (USD)
1998	2,386,922,900
2003	3,707,466,390
2008	8,601,334,640
2013	19,551,760,790
2018	22,451,548,920

Walaupun tilapia berasal dari Afrika, Asia telah mendominasi pengeluaran ikan tilapia sejak ia diperkenalkan. Pada tahun 1970-an, tilapia mendapat julukan “Ayam Akuatik”, kemudian “ikan tahun 1990-an” dan terkini “Ikan Makan Abad Ke-21”. Di Malaysia, tilapia dinobatkan sebagai “Ikan Rakyat”. Sehingga kini permintaan terhadap tilapia masih berterusan dalam industri perkhidmatan makanan dan restoran. Tilapia kini dihidang di rantaian penyediaan makanan multi-nasional termasuk di dalam kapal pelancongan, restoran makanan laut, sekolah dan hospital. Nilai harga borong ikan tilapia yang terkini adalah sekitar RM 12.00 per kilogram manakala harga runcit pula adalah sekitar RM 14.00 (Lembaga Kemajuan Ikan Malaysia, 2022).

Buku “Ensiklopedia Mini Perikanan: Tilapia” ini disediakan untuk mengumpul semua maklumat berkaitan ikan tilapia khususnya maklumat dari Malaysia. Buku ini dibahagikan kepada lapan bab. Bab pertama berkisar tentang pengenalan ringkas serta kepentingan ikan tilapia. Bab dua memberi penekanan tentang sejarah ternakan ikan tilapia di dunia termasuk di Malaysia. Bab tiga pula menjurus kepada perkongsian mengenai maklumat biologi ikan tilapia dan bab empat menjelaskan tentang penyakit utama dan simptom. Jumlah dan pola pengeluaran tilapia di peringkat dunia dan Malaysia diperincikan dalam bab lima. Sistem dan teknologi ternakan yang digunakan dalam menternak tilapia disentuh dalam bab enam. Dalam bab tujuh pula disenaraikan secara umum penyelidikan dan pembangunan (R&D) berkaitan ikan tilapia yang telah dijalankan di Malaysia khususnya jurnal, tesis, buku dan inovasi yang dihasilkan. Bab lapan pula berkisar tentang produk hiliran yang dihasilkan daripada ikan tilapia dan juga sisa daripada industri pemprosesan tilapia manakala bab yang terakhir sekali iaitu bab sembilan membincangkan tentang dakwaan-dakwaan negatif berkaitan ikan tilapia di media khususnya di internet serta status ikan tilapia sebagai ikan asing yang invasif.

SEJARAH TERNAKAN

Tilapia berasal dari benua Afrika dan merupakan salah satu spesies ikan yang pertama ditenak di dunia. Ini adalah berdasarkan penemuan lukisan ikan tilapia di dalam kolam hiasan yang dijumpai pada makam Raja Mesir sejak lebih 4000 tahun lalu seperti yang digambarkan melalui “hieroglyph” K1 oleh Egyptologist British, Sir Alan Gardiner (Rajah 1a dan 1b). Menurut Pillay (1990), tilapia telah diperkenalkan ke banyak negara tropika, sub-tropika dan temperat semasa pertengahan kedua kurun ke-20. Sehingga kini, tilapia telah diperkenalkan ke seluruh dunia dan ditenak di lebih 145 negara (FAO, 2020).



Rajah 1a: Hieroglyph yang ada K1
[https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/oreochromis_niloticus?lang=en].



Rajah 1b: Gambar kolam yang diambil dari Makam Nebamun. By Anonymous - MDID Collection,
Awam Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3527716>

Memandangkan ikan tilapia banyak ditenak di seluruh dunia, banyak strain-strain tilapia yang ditambahbaik telah dihasilkan di merata negara untuk tujuan meningkatkan produktiviti industri tilapia. Jadual 2 menunjukkan perincian tentang aktiviti ini.

Jadual 2: Program penambahbaikan genetik tilapia di pelbagai negara (Niera, 2010)

Benua	Negara	Tilapia Nilo	Tilapia biru	Tilapia merah	Tilapia Shiranus
Asia	China	2	1	1	
	Vietnam	3			
	Thailand	2		2	
	Bangladesh	2			
	Filipina	2			
	Sri Lanka Malaysia	1 1		1	
Afrika	Mesir	1	1		
	Ghana	1			
	Malawi				1
America Latin	Brazil	2			
	Costa Rica	1			
	Columbia	1			
Jumlah		19	2	4	1

Sejarah ternakan tilapia di Malaysia

Tidak diketahui dengan jelas bagaimana tilapia dipindahkan dari Afrika hingga jauh ke Asia. Menurut Hickling (1960), lima spesimen *Tilapia mossambica* (tiga jantan dan dua betina) telah ditemui di Jawa Timur, pada Julai 1939. Ikan ini tersebar dengan cepat ke seluruh pulau Jawa, dan telah diperkenalkan ke Tanah Melayu semasa pendudukan Jepun (1941 - 1945). Stok tilapia di *Tropical Fish Culture Research Institute* (TFCRI), Melaka dipercayai berasal daripada populasi dari Jawa ini (Hickling, 1960). Jadual 3 menyenaraikan semua kemasukan baka ikan tilapia ke Malaysia yang ada direkodkan.

Jadual 3: Ringkasan sejarah kemasukan spesies tilapia ke Malaysia

Spesies	Diperolehi dari	Tahun	Nota	Rujukan
<i>Tilapia mossambica</i>	Jawa Timur	1939	5 ekor (3 jantan, 2 betina)	Hickling (1960); Schuster (1952)
<i>Tilapia mossambica</i>	Tasik Seremban	1957	Dikenali sebagai tilapia Malaya	TFCRI (1959)
<i>Tilapia mossambica</i> (yang kemudiannya dikenaplasti sebagai <i>T. hornorum</i>)	Zanzibar	1958	36 ekor anak benih Kacukan antara tilapia Malaya x tilapia Zanzibar menghasilkan hampir kesemua jantan	TFCRI (1959); Trewavas (1966)
<i>Tilapia zillii</i>	Kismu, Kenya	1958	30 ekor anak	TFCRI (1959)
<i>Tilapia melanopleura</i>	Bangkok	1960	40 ekor dari Belgian Congo Hybrid tilapia melanopleura x tilapia zilli	TFCRI (1960)
<i>Oreochromis niloticus</i>	Chiangmai, Thailand	1979	400 ekor dan diletakkan di Jitra, Kedah	Ang et al. (1989)
Tilapia merah hibrid	Taiwan	1980		
Tilapia merah hibrid	Thailand	1981	500 ekor	
Tilapia merah hibrid	Taiwan	1982	Ikan diletakkan di Bukit Tinggi, Pahang	

TFCRI- Tropical Fish Culture Research Institute

Percubaan pertama dalam program pembiakan tilapia di Malaysia adalah dengan mengacukkan *T. mossambica* yang telah disesuaikan di Tanah Melayu dengan tilapia dari Zanzibar (Foto 1) untuk menghasilkan hibrid *T. mossambica* pada tahun 1957-1959 (Hickling, 1960). Selepas itu, beberapa siri kacukan ikan tilapia telah dilakukan di TFCRI, antaranya kacukan antara *T. zilli* dan *T. melanopleura*, dan *T. mossambica* Malayan dan *T. mosasambica* strain Afrika yang asli. *Tilapia zillii* telah diperolehi daripada Kitsumu, Kenya manakala *T. melanopleura* telah diperolehi daripada Bangkok yang telah menerima stok ikan tersebut dari Belgian Congo.



Foto 1: Tilapia Zanzibar (gambar diambil pada tahun 1960, sumber TFCRI)

Empat spesies tilapia asli iaitu *T. mossambica*, *T. hornorum*, *T. melanopleura* dan *T. zillii* telah dijaga dengan baik di TFCRI. Dilaporkan *T. zillii* adalah lebih berkesan daripada *T. melanopleura* atau kap rumput untuk mengawal rumput tertentu. Walau bagaimanapun, ia adalah spesies yang lambat membesar. Pertama kali di TFCRI, “Tilapia hibrid Melaka” dihasilkan dengan mengacukkan *T. mossambica* betina dengan *T. hornorum* jantan. Ia menghasilkan anak yang kesemuanya jantan, menunjukkan peningkatan kadar tumbesaran yang tinggi seperti yang biasa ditunjukkan oleh kebanyakan spesies hibrid. Hibrid ini, menawarkan pilihan yang sangat baik untuk ternakan ikan di dalam kolam. Memandangkan kesemua benih yang terhasil adalah jantan, tenaga yang diperolehi daripada makanan digunakan sepenuhnya untuk tumbesaran dan bukannya untuk menghasilkan anak, yang kemudiannya akan bersaing dengan ikan dewasa untuk mendapatkan makanan (Swingle dan Moss, 1969)

Pada tahun 1979, *Oreochromis niloticus* telah diperkenalkan dari Thailand dan setahun kemudian, tilapia merah hibrid diperkenalkan dari Taiwan (Ang et al., 1989). Sambutan terhadap tilapia hitam yang terlebih dahulu diperkenalkan tidak begitu baik jika dibandingkan dengan tilapia merah hibrid yang menjana permintaan dan pasaran yang lebih tinggi di kalangan penternak dan pengguna. Ikan tilapia merah bukanlah spesies tilapia sebenar kerana ia merupakan hasil peningkatan genetik daripada spesies tilapia terpilih genus *Oreochromis* yang mempunyai warna merah yang menarik hasil pembiakan terpilih (*selective breeding*) secara berterusan. Strain Taiwan (Galman dan Avtalion, 1983), Florida (Behrends et al., 1982) dan strain Israel (Hulata et al., 1995) adalah contoh beberapa strain tilapia merah hibrid yang dihasilkan melalui pembiakan terpilih. Mutan *O. mossambicus* betina berwarna jingga kemerah-merahan (Peters, 1852) dan kacukan *O. niloticus* jantan normal telah digunakan untuk menghasilkan strain Taiwan manakala betina *Oreochromis urolepis* (Norman, 1922) berwarna normal telah dikacukkan dengan *O. mossambicus* jantan berwarna merah-emas untuk menghasilkan strain Florida. Ikan tilapia Nilo yang berasal dari Mesir telah disilangkan dengan tilapia biru jenis liar,

O. aureus (Steindachner, 1864) untuk menghasilkan strain Israel. Warna merah yang seakan spesies ikan marin premium seperti siakap dan ikan merah menyebabkan tilapia merah menjadi lebih popular. Atas sebab itu, pada tahun 1980an, tilapia merah hibrid menjadi spesies komersial yang penting di Malaysia dengan pertumbuhan ketara dalam pengeluaran seperti yang direkodkan dalam perangkaan perikanan tahunan. Sementara itu, strain ikan tilapia hitam (*O. niloticus*) yang ada di Malaysia telah ditambah nilai daripada segi genetiknya melalui program pembiakan terpilih dan dikenali sebagai tilapia GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilapia*). Ikan tilapia GIFT terhasil daripada program kacukan secara terancang yang menghasilkan satu generasi baru setahun. Pada tahun 2020, penghasilan generasi ke-18 telahpun dicapai dengan kadar tumbesaran yang tinggi berbanding ikan tilapia hitam atau Nilo yang asal.

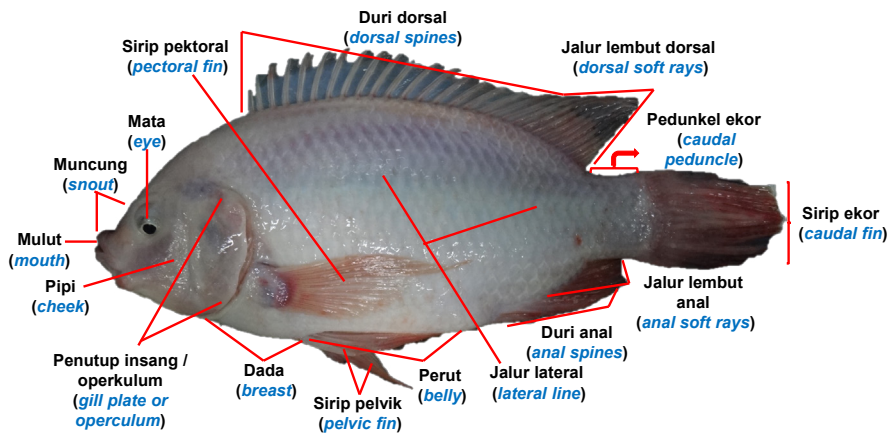
Ternakan ekstensif ikan air tawar termasuk tilapia di Malaysia bermula pada pertengahan 1950an. Pada waktu itu, kebanyakannya tilapia ditenak di dalam kolam dan bekas lombong (Mazuki, 2015). Pada tahun 1980an, tilapia banyak ditenak di dalam kolam tanah, tangki konkrit dan sangkar. Tahun-tahun berikutnya merekodkan peningkatan penggunaan sangkar dengan rangka kayu dan besi bergalvani terutamanya oleh penternak berskala besar. Pada masa kini, penggunaan sangkar bulatan polar dengan bingkai polietilena berketumpatan tinggi (HDPE-*High Density Polyethylene*) (diameter 20 m) dengan kapasiti pengeluaran 50 TM/sangkar/kitaran dengan mesin pemberian makanan automatik dan pam ikan untuk penuaian turut digunakan terutamanya oleh penternak berskala besar (Mazuki, 2015).

MAKLUMAT BIOLOGI

3.1 Pengelasan/Taksonomi

Berikut adalah pengelasan tilapia menurut Fishbase:

- Kingdom: Animalia
- Phylum: Chordata
- Class: Actinopterygii: Fishes
- Order: Perciformes
- Kelas: Actinopteri
- Order: Cichliformes
- Family: Cichlidae Cichlids
- Subfamily: Pseudocrenilabrinae
- Genus: Tilapia

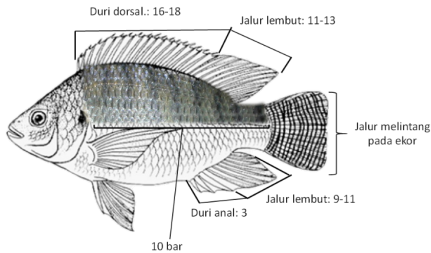


Rajah 2: Kekunci pengecaman asas tilapia

3.2 Spesies-spesies utama tilapia

Berikut adalah kunci pengecaman utama yang membezakan tiga spesies tilapia utama yang ditanak di dunia.

i. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), tilapia Nilo



Rajah 3: Lukisan skematik *O. niloticus*
[Modifikasi daripada sumber <https://www.fishbase.se/photos/ThumbnailsSummary.php?ID=2>]

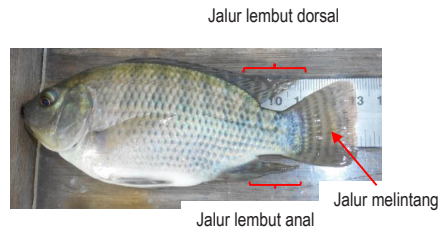
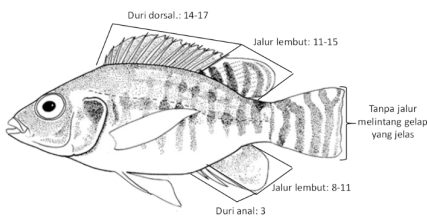


Foto 2: *O. niloticus*

ii. *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864), tilapia biru



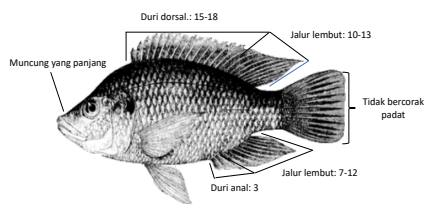
Rajah 4: Lukisan skematik *O. aureus*
[Modifikasi daripada sumber <https://www.fishbase.se/photos/ThumbnailsSummary.php?ID=1387>]

Ekor dengan bintang tanpa jalur yang jelas



Foto 3: *O. aureus*

iii. *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852), tilapia Mozambique



Rajah 5: *O. mossambicus* [Rainboth, 1996].
[Modifikasi daripada sumber <https://www.fishbase.se/photos/PicturesSummary.php?StartRow=6&ID=3&what=species&TotRec=11>]



Foto 4: *O. mossambicus*

iv. *Oreochromis* spp. Tilapia Nei, tilapia merah hibrid

Tilapia merah hibrid yang mempunyai warna merah yang menarik bukanlah spesies tilapia sebenar. Jadi tiada kekunci pengecaman khusus untuk strain ini. Ciri-ciri yang terdapat pada tilapia merah hibrid bergantung kepada ciri induk yang dikacukkan.



Foto 5: *Oreochromis* spp.

3.3 Sifat biologi umum

Rajah 6 menunjukkan sifat-sifat biologi umum tilapia.



Rajah 6: Sifat-sifat biologi umum tilapia

3.4 Status konservasi

Menurut IUCN *Red List of Threatened Species* ver 3.1, 2018, status konservasi ikan tilapia adalah dikelaskan sebagai *Least Concern* (LC). Ini bermaksud tilapia bukanlah satu spesies yang diberi tumpuan untuk pemuliharaan atau konservasi kerana spesies ini masih banyak terdapat di perairan umum.

3.5 Nilai nutrisi

Tilapia adalah makanan yang sesuai untuk mereka yang menjaga hitungan kalori harian bagi tujuan untuk menurunkan berat badan. Ini adalah kerana, setiap 100 g hidangan tilapia mengandungi kalori (kurang dari 100 Kcal), lemak (kurang dari 3 g) dan karbohidrat (kurang dari 1.5 g) yang rendah serta protein yang tinggi (melebihi 16 g) (Jadual 2).

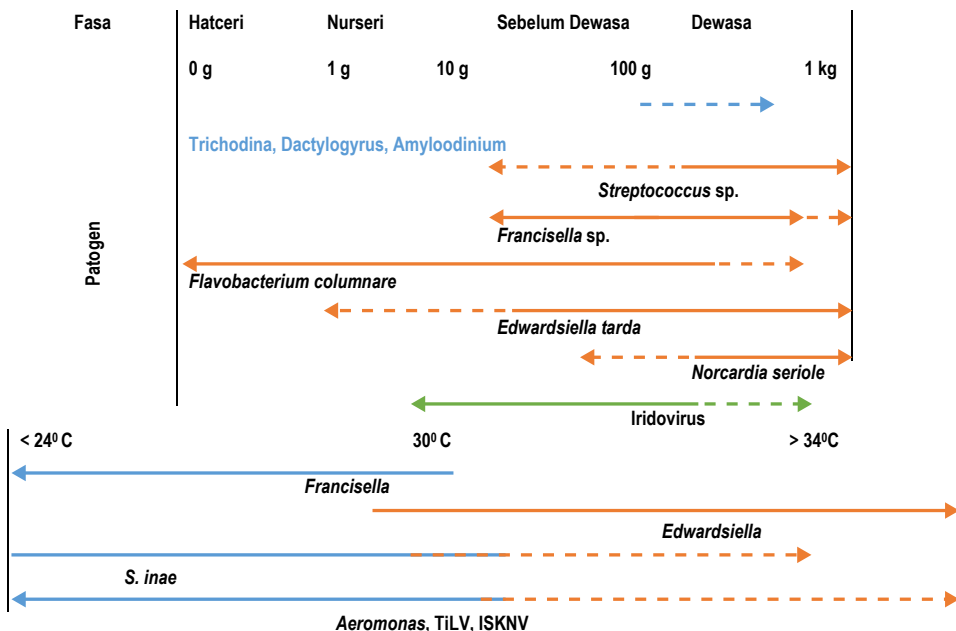
Walaupun tidak mempunyai kandungan asid lemak perlu seperti omega-3 yang tinggi, tilapia mempunyai profil nutrisi yang impresif. Tilapia mengandungi vitamin (B12, D, K, E) dan mineral (kalium, fosforus, magnesium dan selenium) yang baik (USFDA, 2019). Potasium atau kalium sodium ialah sejenis elektrolit yang berfungsi bersama-sama dengan sodium untuk mengimbangi cecair dalam tubuh manusia. Walaupun tilapia merah lebih popular berbanding tilapia hitam, namun dari segi kandungan nutrisi tiada banyak perbezaan antara kedua-dua jenis tilapia ini seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 4. Selain daripada itu, kajian perbandingan penerimaan pengguna antara tilapia merah dan tilapia hitam (GIFT) menunjukkan tiada perbezaan yang ketara antara kedua-dua strain tilapia ini dari segi rasa dan bau. Terdapat perbezaan dari segi tekstur di mana tekstur tilapia merah adalah lebih lembut berbanding dengan GIFT (Wan Norhana, *unpublished data*).

Jadual 4: Komposisi nutrien dalam ikan tilapia (Tee et al. 1997)

Nutrien	Tilapia hitam	Tilapia merah
Proksimat (unit)		
Air (g)	78.7	77.0
Tenaga (Kcal)	95.0	96.0
Protein (g)	16.4	19.7
Lemak (g)	2.7	1.8
Karbohidrat (g)	1.2	0.3
Serat (g)	0	0
Abu (g)	1.0	0.5
Mineral		
Calcium (mg)	28.0	26.0
Besi (mg)	1.1	0.5
Fosforus (mg)	168.0	227.0
Potasium (mg)	253.0	319.0
Sodium (mg)	48.0	32.0
Vitamin		
Vitamin C (mg)	0.6	0.9
Thiamin B1 (mg)	0.02	0
Riboflavin B2 (mg)	0.26	0.02
Niacin B3 (mg)	1.6	1.3
Retinol (µg)	21.0	18.0
Carotenes (µg)	0	0
Retinol Equivalents (µg)	21.0	18.0

PENYAKIT TILAPIA

Pada mulanya tilapia adalah spesies ikan yang agak rintang kepada penyakit, tetapi kini tidak lagi. Pada masa kini, penyakit adalah salah satu faktor penghad kepada pengeluaran tilapia. Pengeluaran berskala besar lazimnya mempunyai faktor-faktor yang berpotensi untuk mencetuskan wabak penyakit. Prevalen dan keseriusan jangkitan bergantung kepada lokasi, sistem pengkulturan, kadar tebaran, kemasinan, suhu air serta faktor biologi seperti umur, genetik, pemakanan dan tekanan. Gambaran keseluruhan agen-agen penyakit tilapia yang penting serta suhu dan peringkat jangkitan ditunjukkan dalam Rajah 7. Antara penyakit yang disebabkan oleh bakteria adalah Streptococcosis, jangkitan oleh *Aeromonas*, Flavobacteriosis, Edwardsiellosis serta Columnaris. Penyakit yang disebabkan oleh virus pula adalah *Tilapia Lake Disease Virus* (TiLV) dan *Infectious Spleen and Kidney Necrosis virus* (ISKNV).



Rajah 7: Penyakit-penyakit utama tilapia di sepanjang fasa ternakan dan suhu (Orpí, 2021)

Jadual 5 menunjukkan simptom-simptom klinikal penyakit utama tilapia. Jangkitan oleh Streptococcosis adalah jangkitan utama tilapia di dunia dan Malaysia. Kerugian disebabkan penyakit ini di serata dunia dianggarkan sebanyak USD 150 juta (Shoemaker & Klesius 1997). Di China, negara pengeluar tilapia yang tertinggi, Streptococcosis telah menyebabkan kerugian sekitar USD 40 juta pada tahun 2011 (Chen et al. 2012).

Jadual 5: Simptom–simptom penyakit utama tilapia

Penyakit (patogen)	Simptom
<i>Streptococcocis</i> <i>Streptococcus agalactiae</i> , <i>S. iniae</i> dan <i>S. dysgalactiae</i>	Pendarahan insang, tiada selera makan, pendarahan dekat mata, <i>corneal opacity</i> dan pendarahan di pangkal sirip dan operkulum. Ikan berenang dalam keadaan yang tidak menentu. Tanda yang paling ketara adalah uni- or bi-lateral <i>exophthalmia</i> atau “pop-eye” dan perut yang membesar.
<i>Francisellosis</i> <i>Francisella</i> spp. <i>Francisella noatunensis</i> sub sp. <i>orientalis</i>	Granuloma dalam insang, limpa, dan buah pinggang. Ikan menjadi lemah, berenang dalam keadaan yang tidak menentu, anoreksia dan lamina insang bercantum. Kematian boleh mencapai 40-50%.
Edwardsiellosis (<i>E. tarda</i> dan <i>E. ictaluri</i>)	Pucat insang dan otot, asites, nodul keputihan dalam limpa, buah pinggang dan hati.
Flavobacteriosis (<i>Flavobacterium columnare</i>)	Reput insang, sirip dan ekor bermula dari hujung hingga ke tengkorak, hakisan pada kulit yang boleh menjejaskan otot dan nekrosis tisu otot. Insang luka dan ikan tercungap-cungap di permukaan.
Haemorrhagic septicaemia/ Motile Aeromonas Septicemia (MAS) (<i>Aeromonas hydrophila</i> <i>A. sobria</i> , <i>A. veronii</i> dan <i>A. jandaei</i>)	Septicemia hemoragik dan menghasilkan lesi pada permukaan tilapia, seperti pendarahan, ulser, abses dan, dalam beberapa kes, <i>exophthalmia</i> .
Tilapia-Lake Disease Virus (TiLV)	Tanda yang paling biasa, selain kematian akut yang boleh menjejaskan sehingga 90% ikan tilapia, ialah perubahan warna kulit yang bermula di hujung ekor dan sirip. Lesi mata (katarak, <i>exophthalmia</i>) dan kehilangan fungsi okular boleh diperhatikan pada haiwan yang terjejas, serta hakisan dermis dan ulser multifokal, kawasan nekrotik di hati dan pendarahan di otak.
Infectious Spleen and Kidney Necrosis virus (ISKNV)	Penyakit disebabkan oleh megalocytivirus (virus DNA) yang kebanyakannya menjejaskan benih dan anak ikan. Ia menghasilkan tanda-tanda yang terkenal seperti asites, <i>exophthalmia</i> , lemah dan berenang tidak menentu, selain pucat insang dan nekrosis ekor (reput)
Parasit <i>Trichodina</i> spp., <i>Ichthyophthirius multifiliis</i> <i>Gyrodactylus</i> spp.	Kerosakan pada insang dan kehadiran mukus yang banyak
Kulat <i>Saprolegnia</i>	Tumbuh atas insang dan kulit. Menghasilkan tompok seakan kapas berwarna kelabu dan filamen mycotic. Juga tumbuh dalam sel epidermis dan menyebabkan bengkak dan sel tertanggal. Kematian tinggi semasa peringkat anak dan telur.

Nota: Exophthalmia-keadaan mata yang terjojol keluar dari orbit, Asites-pengumpulan cecair dalam ruang antara lapisan abdomen dan organ abdomen; edema-bengkak yang disebabkan oleh cecair berlebihan dalam tisu badan



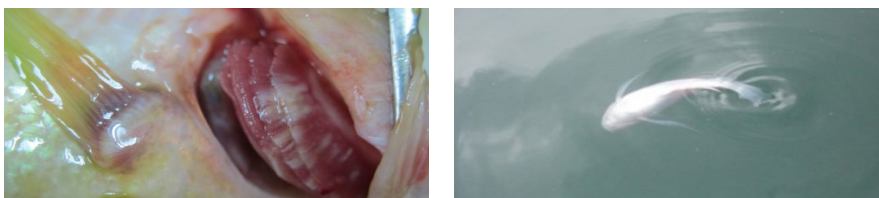
Foto 6: Tanda klinikal penyakit TiLV



Exophthalmia, atau “pop-eye”



Abdomen yang membengkak dan pendarahan di sirip



Nekrosis insang

Berenang secara tidak menentu

Foto 7: Tanda klinikal penyakit streptococcosis

Kaedah Rawatan

Jadual 6 menunjukkan cadangan rawatan untuk penyakit tilapia. Terdapat juga kaedah lain untuk mengurangkan kejadian penyakit seperti melaksanakan kawalan biosekuriti penuh (Shoemaker et al., 2017). Vaksinasi juga digunakan secara meluas dan berkesan untuk mencegah penyakit Streptococcal pada tilapia (Liu et al., 2016) walaupun bagaimanapun ianya meningkatkan kos operasi ladang dan keberkesanannya tidak konsisten sama ada diberikan dalam bentuk makanan, rendaman atau semburan (Noraini et al., 2013). Kaedah alternatif menggunakan antibiotik dalam makanan juga tidak berkesan seratus peratus untuk membunuh bakteria kerana telah wujud strain yang rintang antibiotik

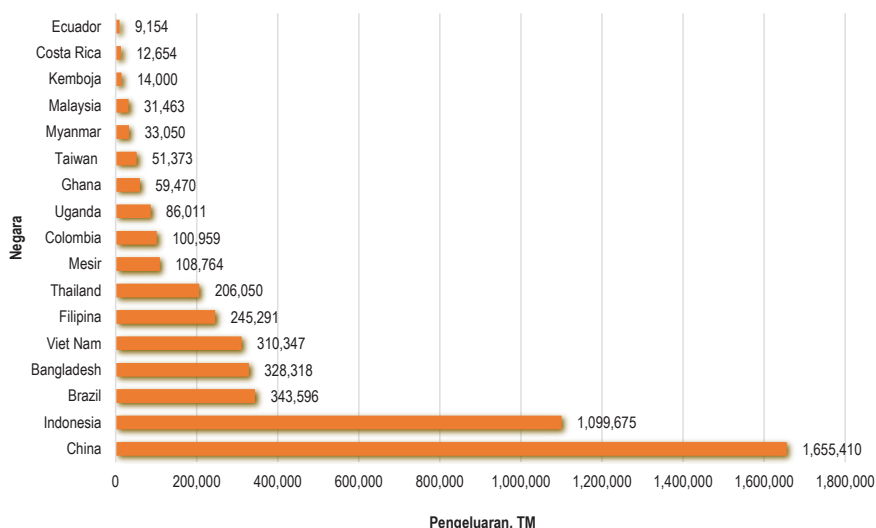
Jadual 6: Cadangan rawatan untuk beberapa penyakit tilapia

Jangkitan	Agen	Rawatan
Parasit	Isopod	Rendam ikan dalam larutan trichlorfon seminggu sekali selama 3-4 minggu
	Monogenea	Formalin (25-50 ml/1000 l air). Rawat selama 3-4 minggu
	Trichodina	Formalin (25-50 ml/1000 l air). Ulang sehingga tiada lagi Trichodina dikesan.
	Fish louse	Rendam dalam larutan trichlorfon (0.5-1.75 g/1000 L air), atau Dipterex™ (0.25-0.5 g/1000 Lair).
Bakteria		Oxytetracycline, Oxolinic acid, Tetracycline atau Sulfadimethoxine
Virus		Vaksin

POLA PENGELUARAN TILAPIA

5.1 Pengeluaran tilapia dunia

Pengeluaran akuakultur ikan tilapia di seluruh dunia adalah kira-kira enam juta TM pada tahun 2018 dengan jualan bersih melebihi USD 11 juta (FAO, 2020). Pada tahun 2020, pengeluaran akuakultur pelbagai spesies tilapia air tawar mencatatkan negara China sebagai pengeluar utama tilapia dunia diikuti dengan negara lain seperti Indonesia, Brazil, Bangladesh, Vietnam, Filipina, Thailand dan Mesir (Rajah 8).



Rajah 8: Kuantiti dan negara pengeluar tilapia air tawar dunia pada tahun 2020 (FAO, 2020)

Terdapat lebih 70 spesies tilapia, namun hanya beberapa spesies sahaja yang digunakan dalam akuakultur. Jadual 4 menunjukkan strain-strain tilapia utama yang ditenak di seluruh dunia dan jumlah pengeluaran yang terkini. Tilapia yang paling banyak ditenak adalah *O. niloticus* (tilapia hitam) yang menyumbang hampir 90% pengeluaran manakala yang paling kurang ditenak adalah tilapia longfin dan tilapia Sabaki. Kebanyakan negara memilih tilapia hitam atau tilapia nilo untuk ternakan kecuali Malaysia yang mana ternakan tilapia merah atau hibrid mengatasi pengeluaran tilapia hitam (Jadual 7 dan Rajah 8).

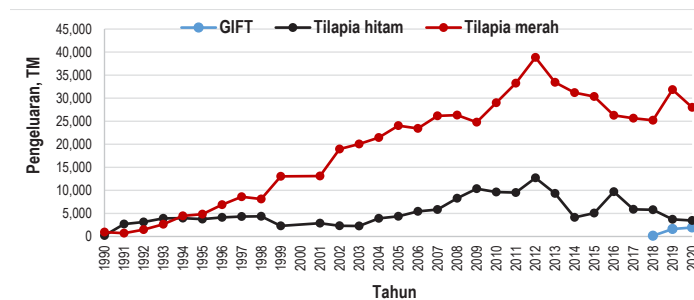
Jadual 7: Pengeluaran tilapia dunia pada tahun 2019 mengikut spesies

Nama Biasa>Nama Inggeris	Nama saintifik	Jumlah pengeluaran (TM)
Tilapia hitam/Nilo tilapia	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	4,590,292
Tilapia merah hibrid/Tilapia Nei	(<i>Oreochromis</i> spp.)	1,099,860
Tilapia biru hibrid -Nilo		410,553
Tilapia Mozambique	(<i>Oreochromis mossambicus</i> (Peters, 1852))	74,435
Tilapia biru	(<i>Oreochromis aureus</i> (Steindachner, 1864))	3,100
Tilapia Longfin	-	1,800
Tilapia Sabaki	-	300

Rujukan: https://www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2019_USBcard/root/aquaculture/b12.pdf

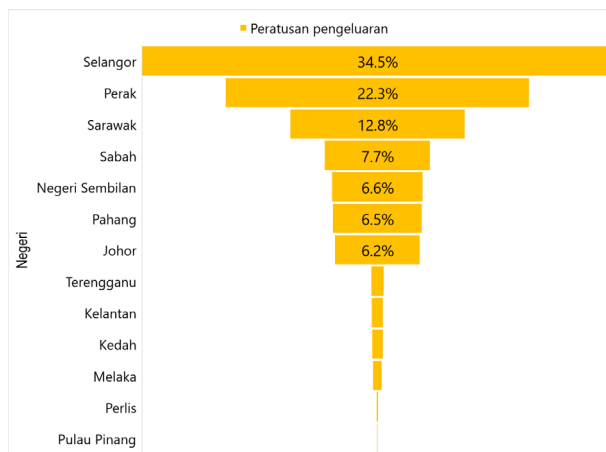
5.2 Pengeluaran tilapia di Malaysia

Di Malaysia, tilapia adalah ikan air tawar kedua paling banyak ditanak selepas ikan keli Afrika. Tilapia merah menyumbang lebih daripada 50% daripada jumlah keseluruhan pengeluaran tilapia berbanding tilapia hitam atau GIFT. Rajah 9 menunjukkan pola pengeluaran akuakultur air tawar ikan tilapia di Malaysia sejak tahun 1990 sehingga 2020. (Data tahunan untuk pengeluaran setiap tahun dilampirkan dalam apendiks 1). Menurut Perangkaan Perikanan, Jabatan Perikanan Malaysia, pada tahun 2020, pengeluaran ikan tilapia adalah sekitar 31,463 TM iaitu kira-kira 34% daripada jumlah keseluruhan pengeluaran akuakultur air tawar (97,210 TM) di Malaysia. Ternakan ikan tilapia air payau turut dilaporkan, namun kuantitinya sangat rendah. Secara umumnya terdapat peningkatan dalam pengeluaran ikan tilapia merah dan hitam di Malaysia dari tahun 1990 sehingga 2012. Selepas 2012, terdapat penurunan dalam pengeluaran tilapia merah iaitu dari 38,842 TM (tahun 2012 kepada 25,649 TM (tahun 2017) dan tilapia hitam iaitu dari 9,715 TM (tahun 2016) kepada hanya 5,790 TM (tahun 2018).



Rajah 9: Pengeluaran akuakultur air tawar ikan tilapia di Malaysia dari tahun 2000 hingga 2020

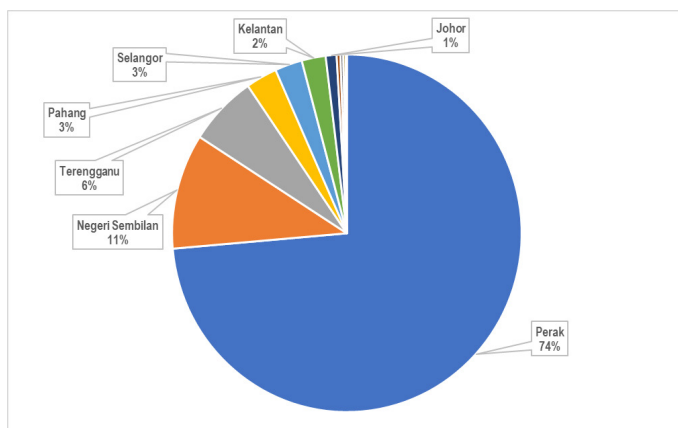
Rajah 10 pula menunjukkan peratusan pengeluaran ikan tilapia di negeri-negeri di Malaysia pada tahun 2020. Selangor mencatatkan pengeluaran ikan tilapia tertinggi sebanyak 7,014 TM (34.5%), diikuti Perak 4,531 TM (22.3%) dan Sarawak 2,605 TM (12.8%).



Rajah 10: Peratusan pengeluaran ikan tilapia oleh negeri-negeri di Malaysia pada tahun 2020

5.3 Pengeluaran benih ikan tilapia

Rajah 11 menunjukkan pecahan pengeluaran benih ikan tilapia mengikut negeri di Malaysia pada tahun 2020. Beberapa buah negeri mencatatkan rekod pengeluaran benih ikan tilapia yang tinggi berbanding negeri-negeri lain iaitu Perak, Negeri Sembilan, Terengganu, Pahang dan Selangor. Negeri-negeri yang lain menyumbang kurang daripada satu peratus pengeluaran benih ikan tilapia di Malaysia.



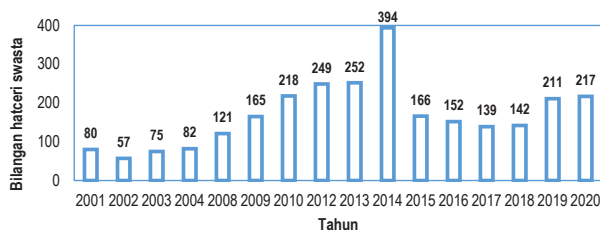
Rajah 11: Negeri pengeluaran benih ikan tilapia bagi tahun 2020 di Malaysia

Di Malaysia, benih ikan tilapia dihasilkan oleh hatceri kerajaan dan hatceri swasta. Hatceri kerajaan di Semenanjung dikenali dengan Pusat Pengembangan Akuakultur (PPA) manakala di Sarawak sebagai Stesen Perikanan Darat dan di Sabah sebagai Stesen Akuakultur Air Tawar (Jadual 8). Selain itu, FRI Glami Lemi dan Pusat Ikan Hiasan Enggor turut menyumbang kepada pengeluaran benih ikan tilapia.

Jadual 8: Hatceri milik kerajaan yang menghasilkan benih ikan tilapia

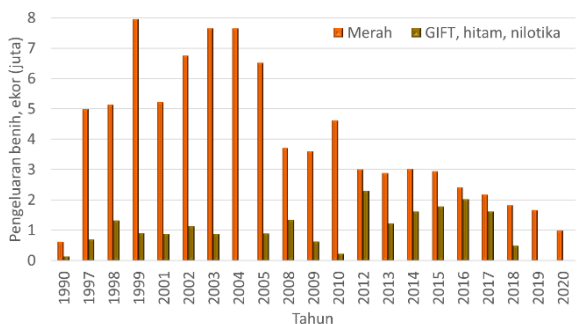
Bil.	Hatceri kerajaan	Alamat	No Telefon
1.	PPA Bukit Tinggi, Pahang	PPA Bukit Tinggi, Bentong, 28750 Pahang	09-233 0258
2.	PPA Perlok, Pahang	PPA Perlok, No. 1, Pahang, 27030 Jerantut	09-260 1113
3.	PPA Machang, Kelantan	Km 37, Jalan Kuala Krai, Bukit Belah, Labok, Kelantan, 18560 Machang	09-975 2644
4.	PPA Jitra, Kedah	PPA Jitra, Kampung Chegar, 06000 Jitra, Kedah	04-917 1468
5.	PPA Tapah, Perak	Km 10, Jalan Pahang, 35000 Tapah, Perak	05-401 3545
6.	FRI Glami Lemi, Negeri Sembilan	FRI Glami Lemi, 71650 Titi, Negeri Sembilan	06-613 3000
7.	Pusat Ikan Hiasan Enggor, Perak	33600 Enggor, Perak	05-757 6300
8.	Stesen Perikanan Darat Semenggok, Sarawak	Batu, 12, Jalan Kuching - Serian, 93250 Kuching, Sarawak	08-261 1171
9.	Stesen Perikanan Darat Kabuloh, Sarawak	Miri, Sarawak	-
10.	Stesen Akuakultur Air Tawar Babagon, Sabah	Panampang, Sabah. Lat. N5.905361; Long. E116.179611	-
11.	Stesen Akuakultur Air Tawar Telupid, Sabah	Telupid, Sabah. Lat. 5.612010; Long. 117.111886	-

Akuakultur telah diberi penekanan sebagai salah satu aktiviti komersial utama semenjak Rancangan Malaysia Keenam (RMK6; 1991-1995) sehinggalah kini (RMK12; 2021-2026). Pelbagai insentif dan galakan seperti galakan pelaburan sektor swasta dan penubuhan Zon Industri Akuakultur (ZIA) telah diperkenalkan. Bermula dari tahun 2002 sehingga 2014, peningkatan bilangan hatceri swasta dapat dilihat bagi menampung keperluan benih ikan tilapia bagi tujuan ternakan (Rajah 12).

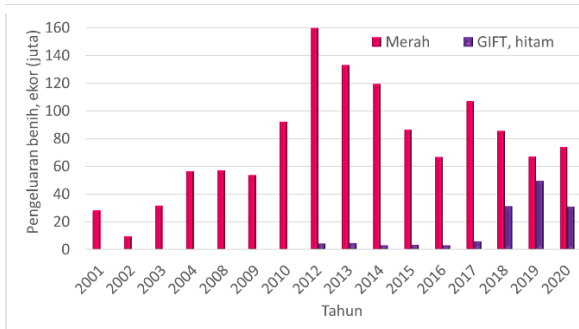


Rajah 12: Bilangan hatceri swasta yang mengusahakan ikan tilapia (merah, hitam dan GIFT) di Malaysia

Pengeluaran benih ikan oleh hatceri kerajaan mula direkodkan pada tahun 1990 dengan penghasilan tertinggi sebanyak lapan juta ekor benih ikan tilapia pada tahun 1999 (Rajah 13). Selain daripada itu, hatceri swasta juga memainkan peranan penting dalam membekalkan benih tilapia secara signifikan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 14.



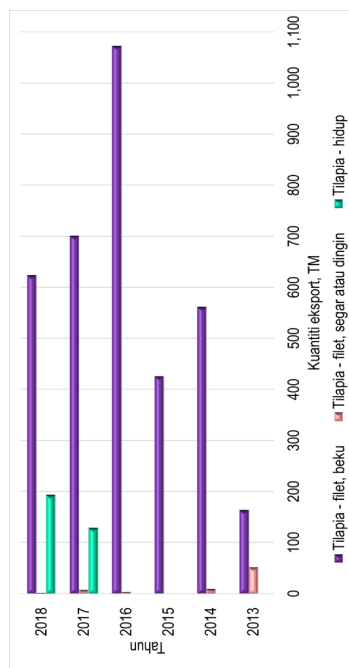
Rajah 13: Pengeluaran benih ikan tilapia (GIFT, hitam, merah dan nilotika) oleh hatceri kerajaan



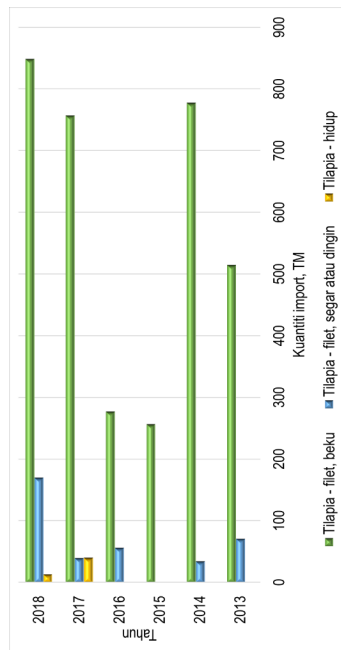
Rajah 14: Pengeluaran benih ikan tilapia (GIFT, hitam, merah dan nilotika) oleh hatceri swasta

5.4 Import dan eksport Tilapia

Majoriti ikan tilapia yang dieksport dan diimport adalah ikan tilapia hidup serta isi ikan tanpa tulang (filet) yang segar, sejuk dingin atau sejuk beku. Rajah 15 dan Rajah 16 menunjukkan kuantiti eksport dan import ikan tilapia dari tahun 2013 sehingga 2018. Malaysia mengeksport ikan tilapia ke Singapura, Taiwan, Switzerland, Amerika Syarikat dan Belgium. Pada masa yang sama, Malaysia turut mengimport ikan tilapia dari negara lain seperti Filipina, China, Vietnam dan Indonesia. Nilai eksport dan import ikan tilapia dari tahun 2013 sehingga 2018 mengikut kategori disenaraikan dalam Jadual 9.



Rajah 15: Kuantiti eksport ikan tilapia mengikut kategori bagi tahun 2013-2018



Rajah 16: Kuantiti import ikan tilapia mengikut kategori bagi tahun 2013-2018

Jadual 9: Nilai eksport dan import tilapia

Kategori	Nilai eksport, RM (juta)						Nilai import RM (juta)					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Tilapia hidup					0.7187	0.9052				-	0.4234	0.2426
Tilapia filet, segar atau dingin	0.3460	0.0392	0.0004	0.0030	0.1351	0.0146	0.7563	0.5033	0.0431	0.4463	0.4801	1.5427
Tilapia filet, beku	2.5940	11.7910	8.0158	20.9802	14.6029	14.1648	3.9364	5.7863	3.0323	2.8617	7.3635	8.9784

SISTEM DAN TEKNOLOGI TERNAKAN

Sistem ternakan

Walaupun tilapia adalah ikan air tawar, ia juga ada ditenak di air payau dan masin dan menurut statistik FAO, pengeluarannya di antara 7% dan 18% daripada hasil pengeluaran tahunan sepanjang tiga dekad yang lalu. Tilapia ditenak dalam pelbagai sistem pengeluaran daripada ekstensif, separa intensif, intensif, superintensif, monokultur, polikultur, ternakan monoseks dan ternakan seks campuran. Ia bergantung kepada sumber atau modal penternak, keadaan tapak, persekitaran, faktor sosio-ekonomi, pengetahuan teknologi dan permintaan pasaran. Penternakan tilapia terdiri daripada penternakan untuk sara diri di luar bandar sehinggalah operasi komersial berskala besar bergantung kepada intensiti pengurusan sedia ada. Kolam tanah adalah sistem ternakan yang biasanya menjadi pilihan pengusaha di seluruh dunia. Tangki konkrit biasanya digunakan terutamanya untuk ternakan tilapia secara intensif dan super intensif. Ternakan di sangkar biasanya diamalkan di kawasan tasik, empangan, sungai dan muara sungai. Rajah 17 menunjukkan sistem ternakan yang dipraktikkan untuk tilapia.

Ekstensif	Semi-Intensif	Intensif	Super intensif
• Kolam tanah • Kanvas	• Kolam tanah • Tangki <i>polietilena</i> • Tangki simen	• Sangkar • Tangki konkrit	• RAS • Sistem tertutup dalam bangunan

Rajah 17: Kategori dan jenis sistem ternakan

Sistem ternakan terawal yang digunakan di Malaysia adalah kolam tanah, bekas lombong dan sangkar (Jadual 10). Selepas beberapa tahun, ternakan menggunakan tangki simen dan kandang mula direkodkan. Tangki kanvas pula diperkenalkan pada tahun 2007 dan diikuti dengan sistem ternakan estet bermula pada tahun 2018. Selain tangki simen, tangki polietilena juga ada digunakan terutamanya oleh penternak sara diri. Pada masa akan datang, ternakan di dalam bangunan dijangka berkembang disebabkan terdapat persaingan penggunaan tanah untuk penempatan dan pembangunan. Di samping itu, ternakan di dalam bangunan atau kawasan bertutup dilihat dapat menangani impak akibat daripada perubahan iklim yang semakin ketara.

Produktiviti sesuatu sistem ternakan bergantung kepada kadar tebaran dan sokongan kepada sistem. Secara umumnya, semakin tinggi kadar tebaran, semakin lambat kadar tumbesaran ikan. Jadual 11 menunjukkan cadangan kadar tebaran mengikut sistem yang berbeza dan bergantung juga kepada alatan sokongan. Kadar tebaran yang tinggi boleh mewujudkan tekanan dan meningkatkan risiko penularan penyakit.

Ternakan tilapia di dalam tangki mempunyai beberapa kelemahan kerana ikan tidak mempunyai akses kepada makanan semula jadi. Oleh itu, makanan yang lengkap nutrisi perlu diberikan seperti tambahan kandungan vitamin dan mineral. Pemberian makanan berdasarkan tahap tumbesaran ikan di mana benih atau saiz juvenil diberikan makanan

yang berprotein tinggi atau dipanggil makanan pemula (*starter*). Makanan pemula biasanya bersaiz lebih kecil. Manakala makanan tumbesaran (*grower*) diberikan apabila ikan semakin besar dan boleh menerima pelet yang lebih besar. Protein kasar untuk makanan tumbesaran adalah lebih rendah dan murah berbanding makanan pemula. Maklumat berkaitan senarai pengilang makanan tilapia di Malaysia dibekalkan di Apendiks 2.

Alatan sokongan seperti pengudaraan dan pam air akan meningkatkan kos pengeluaran. Sistem ternakan yang menggunakan pengaliran air semula (Recirculating Aquaculture System (RAS)) memerlukan kos infrastruktur, elektrik yang tinggi dengan sistem penapisan biologi atau fizikal. Mana-mana sistem ternakan di tangki yang bergantung kepada pemberian pengudaraan secara berterusan atau pengepaman air berisiko mengalami kegagalan mekanikal atau elektrik yang boleh menyebabkan kematian ikan.

Jadual 12 menunjukkan kajian-kajian sistem ternakan yang telah diuji dan output yang diperolehi. Produktiviti pengeluaran tertinggi diperolehi melalui sistem intensif tangki dan sangkar, manakala sistem ternakan kolam adalah paling rendah. Ini adalah kerana pada kebiasaannya kadar tebaran yang digunakan di kolam adalah rendah di antara 2-11 ekor/m³ berbanding dua sistem yang lain dengan kadar tebaran melebihi 100 ekor/m³ bergantung kepada sistem sokongan ternakan yang digunakan. Antara penambahbaikan yang digunakan untuk sistem tangki adalah sistem pengudaraan, sistem rawatan air dan juga penggunaan bioflok. Sistem sangkar pula bergantung kepada parameter kimia, fizikal dan biologi air di kawasan ternakan seperti kelajuan arus, oksigen terlarut, pH, suhu, kejernihan atau kekeruhan, ammonia dan fosfat.

Jadual 10: Bilangan penternak ikan tilapia berdasarkan sistem ternakan di Malaysia

Tahun	Bilangan penternak						
	Kolam	Sangkar	Tangki simen	Kandang	Bekas lombong	Tangki kanvas	Estet
1990	16,243	124	-	-	312	-	-
1991	17,928	156	-	-	288	-	-
1992	15,591	321	-	-	281	-	-
1993	13,624	568	214	-	227	-	-
1994	14,443	868	306	-	215	-	-
1995	14,217	883	323	-	236	-	-
1996	13,836	1,779	302	422	505	-	-
1997	13,833	1,287	260	661	261	-	-
1998	15,199	1,276	303	838	268	-	-
1999	13,946	1,517	273	1,116	465	-	-
2001	14,787	1,251	333	555	220	-	-
2002	14,511	1,432	324	567	240	-	-
2003	14,334	1,290	351	453	251	-	-
2004	14,866	1,313	353	505	262	-	-
2005	13,753	1,202	328	475	234	-	-
2006	13,511	1,214	146	481	228	-	-
2007	13,707	1,166	543	366	251	34	-
2008	21,051	1,373	572	342	427	340	-
2009	14,851	1,462	925	286	264	403	-
2010	15,270	1,738	1,338	253	201	365	-
2011	18,004	1,462	1,251	233	193	357	-
2012	18,875	1,357	1,261	205	211	215	-
2013	17,057	1,326	1,290	129	248	169	-
2014	16,820	1,402	1,231	132	212	119	-
2015	15,591	1,391	1,090	140	220	93	-
2016	12,236	1,729	874	135	173	121	-
2017	10,102	1,690	641	76	168	81	-
2018	10,885	1,744	722	83	179	102	1
2019	12,005	1,717	942	83	181	65	2
2020	11,692	1,963	817	155	198	86	6

Jadual 11: Cadangan kadar tebaran mengikut sistem

Sistem ternakan	Extensif (ekor/ m ³)	Intensif (ekor/ m ³)
Kolam tanah	5	10-20
Tangki	5	20-50
Sangkar	5	20-50

Jadual 12: Parameter-parameter utama dan produktiviti beberapa sistem ternakan berbeza

SPECIES	SAIZ AWAL (G)	SAIZ AKHIR (G)	TEMPOH TERNAKAN (HARI)	SAIZ SISTEM	KADAR TEBARAN (BILANGAN KAN/M ³)	KADAR HIDUP (%) / FCR	PRODUKTIVITI (KG/M ³)	RUJUKAN
SANGKAR								
<i>Hybrid red dan tilapia hitam Nile (Oreochromis niloticus L)</i>	30 - 60 mm		120 - 150 hari	16 m ² 18 m ²	49	(1.47)	26.6	Lebel et al. (2013)
<i>Oreochromis niloticus</i>	102.17	420.23 408.62	90 hari	66.67 m ³	60	87.28 / (1.47)	19.60	Mensah dan Attipoe (2013)
<i>Oreochromis niloticus</i> (GIFT)	5.40	366.06	126 hari	0.512 m ³	98	94.00 / (1.06)	33.6	Mohd Zin et al. (2020)
KOLAM TANAH								
<i>Oreochromis niloticus</i>	8.40	144.3	185 hari	8.4 m ³	11	99.3 / (1.23)	1.93 5	Ifedayo et al. (2020)
<i>Oreochromis niloticus</i>	24	248	160 hari	280 m ²	3	87.3 / (1.10)	1.3	Thakur et al. (2013)
<i>Oreochromis niloticus</i>	25.8	228.7	233 hari	200-300 m ²	2	63.9 / (1.2)	0.51	Duodu et al. (2020)
TANGKI								
<i>Oreochromis niloticus</i>	8.45 8.30	126.2 127.7	185 hari	8.4 m ³	12 12	88.7 / (1.32) 88.7 / (1.31)	1.42 1.47	Ifedayo et al. (2020)
<i>Oreochromis niloticus</i> (GIFT)	4.53	292.90	126 hari	0.512 m ³	98	100.00 / (1.41)	28.6	Mohd Zin et al. (2020)
Tilapia merah, (<i>Oreochromis mossambicus</i> x <i>O. niloticus</i>)	1.8 1.8 1.7 1.7 1.8	275.1 223.0 170.5 132.8 154.9	180 hari	1.71 m ³	79 119 159 198 238	74.5 / (1.7) 75.3 / (1.7) 73.2 / (1.8) 79.6 / (1.7) 73.7 / (1.6)	16 20 20 21 27	Hashim et al. (2008)
Hybrid red tilapia dari Florida (<i>O. mossambicus</i> x <i>O. niloticus</i> -all male)	55.61	575.07	90 hari	2 m ³	25	93.5	26.9	Mena-Herrera et al. (2002)
TERNAKAN DALAM AIR MASIN								
<i>Oreochromis niloticus</i> 0 g/L, 3 g/L, 6 g/L, 9 g/L	6.67				1.3 kg/m ³		4.30 4.68 4.92 5.00	Thomas et al. (2021)



Kolam tanah di Pahang



Kolam tanah dengan sokongan pengudaraan di Negeri Sembilan



Tangki simen untuk ternakan ekstensif di Terengganu



Tangki simen untuk ternakan intensif di Selangor



Tangki gentian kaca di Pulau Pinang



Tangki gentian kaca di Perak



Sangkar di terusan MADA, Kedah



Sangkar di Tasik Kenyir, Terengganu



Sangkar di Sungai Pahang (rangka besi)



Sangkar polietilina di Sungai Pahang



Sangkar di Batang Ai, Sarawak



Sangkar polietilena di Sungai Pahang

Foto 8: Sistem ternakan yang ada di Malaysia

Program pembangunan induk tilapia

Bekalan induk berkualiti dan kaedah ternakan yang cekap dapat menjamin pengeluaran ikan yang mampan dan sekaligus dapat mengukuhkan jaminan bekalan makanan yang berterusan. Daripada pembacaan, pembangunan induk ikan tilapia adalah yang paling progresif di kalangan spesies akuatik. Jadual 12 menyenaraikan maklumat ringkas program pembiakan tilapia yang dijalankan di seluruh dunia. Seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 12, sebahagian besar program pembiakan tilapia dibiayai oleh dana awam. Prestasi tumbesaran adalah antara trait utama yang difokuskan dalam lebih separuh daripada program yang dijalankan berbanding trait lain seperti toleransi kepada suhu sejuk dan kemasinan, kualiti karkas, rintang penyakit dan warna.

Piawaian emas bagi program pembangunan induk yang telah dijalankan adalah GIFT (Genetically Improved Farm Tilapia). GIFT telah diselaraskan dan dilaksanakan dari tahun 1988 - 1997 oleh ICLARM (kini WorldFish), dengan kerjasama Norwegian Institute of Aquaculture Research AKVAFORSK (kini NOFIMA Marin), dan tiga institusi di Filipina: Philippine Bureau of Fisheries and Aquatic Resources (BFAR), Marine Science Institute, University of the Philippines (UP-MSI), dan Freshwater Aquaculture Center, Central Luzon State University (FAC-CLSU) (Eknath dan Hulata, 2009). Tilapia Nilo (*O. niloticus*) telah dipilih untuk penyelidikan strategik ini kerana kepentingannya sebagai spesies tilapia yang paling biasa ditenak dengan masa generasi yang agak singkat iaitu kira-kira 6 bulan, yang membolehkan keputusan yang pantas diperolehi dan penyebaran baka dengan lebih cepat. GIFT telah dibangunkan melalui kaedah pembiakan konvensional tanpa melalui pengubahsuaian genetik. Projek GIFT menghasilkan stok akuakultur sintetik tilapia Nilo yang lebih cepat berkembang yang kemudiannya menjadi sumber genetik yang penting untuk pelbagai program peningkatan dan/atau penyebaran genetik awam dan swasta (Eknath dan Hulata, 2009; Yosef, 2009). Pelancaran GIFT berfungsi sebagai titik permulaan untuk program peningkatan genetik ikan tropika di Filipina dan di seluruh dunia (Gupta dan Acosta, 2004) dan telah membawa peningkatan pesat pengeluaran tilapia di Filipina dan negara Asia Tenggara yang lain.

Jadual 13: Maklumat mengenai program pembiakbakaan tilapia di seluruh dunia (Niera, 2010)

Strain	Negara	Institusi	Tahun dimulakan	Famili	Trait yang dipilih	Sumber peruntukan
Nile Tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i>	Egypt	The WorldFish Center Egypt	2002	100	1	Awam
	Ghana	Water Research Institute (WRI)	2002	60	1	Awam
	Bangladesh	Bangladesh Fisheries Research Institute	2005		3	Awam
	Bangladesh	BRAC – Fisheries Enterprise	2008	225	1	Awam
	China	Freshwater Fisheries Research Center (FFRC), Chinese Acad. of Fishery Scs (CAFS)	2006	100	1	Awam
	China	Hainan Progift Aqua-Tech Cooperation Ltd	2005	125	3	Swasta
	Malaysia	The WorldFish Center	2002	87	1	Awam
	Philippines	GIFT Foundation International Incorporated				Awam
	Philippines	TGA Farm Incorporated National Aquaculture	2006	1200-C	1	Private
	Sri Lanka	Development Authority of Sri Lanka	2007	960-C	1	Awam
	Thailand	Manit Farm Feedmill Co., Ltd.	2008	150-C	1	Swasta
	Thailand	Pathumthani Fisheries Test and Research Center	1994	110	4	Awam
	Vietnam	Research Institute for Aquaculture No. 1 (RIA 1)	1997	100	1	Awam
	Vietnam	Research Institute for Aquaculture No. 2 (RIA 2)	2006	80-120	1	Awam
	Vietnam	Research Institute for Aquaculture No.1	1998	60	12	Awam
	Brazil	Instituto de Tecnologia Agropecuaria d Maringá	2005	64	1	Awam
	Brazil	University of Mogi das Cruzes and Royal Fish – Tilápia Fish Farming	2004	100	4	Swasta
	Colombia	CENIACUA	2006	100	2	Campuran
	Costa Rica	Aqua Corporación Internacional	2006	120	3	Swasta
Blue Tilapia, <i>Oreochromis aureus</i>	Egypt	The WorldFish Center Egypt	1998	80	1	Awam
	China	Hainan Progift Aqua-Tech Cooperation Ltd	2007	100	3	Swasta
Red Tilapia, <i>Oreochromis</i> sp.	China	Hainan Progift Aqua-Tech Cooperation Ltd	2008	125	3	Swasta
	Malaysia	Fisheries Research Institute, Malaysia	2006	100	2	Awam
	Thailand	Manit Farm Feedmill Co., Ltd.	2008	150	4	Swasta
	Thailand	Pathumthani Fisheries Test and Research Center	2005		2	Awam
Tilapia <i>Oreochromis shiranus</i>	Malawi	Department of Science and Technology	1996	51	1	Awam

PENYELIDIKAN & PEMBANGUNAN (R&D) SERTA INOVASI BERKAITAN TILAPIA DI MALAYSIA

Jadual 14-18 menyenaraikan sebilangan besar kertas-kertas penyelidikan yang telah diterbitkan di Malaysia dalam skop-skop yang tertentu. Senarai tesis berkaitan tilapia oleh penyelidik-penyelidik dari Malaysia pula disenaraikan dalam Jadual 19. Daripada maklumat yang disenaraikan, dapat disimpulkan bahawa kajian mengenai biologi, genetik dan akuakultur tilapia telah banyak dijalankan di Malaysia. Buku-buku mengenai biologi, ternakan, analisis pelaburan tilapia juga telah banyak diterbitkan.

Jadual 14: R&D dalam pembiakan, pembenihan dan ternakan tilapia

Bil	Tajuk	Rujukan
1.	Enhancement of tilapia production in portable canvas tanks through mixed feeding strategies.	Ahmad Fatan et al. (2002)
2.	Growth comparison of black (GIFT strain) and red tilapia.	Hamzah et al. (2002)
3.	Selection for live weight in the GIFT strain of Nile Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).	Ponzoni et al. (2004)
4.	Live weight genetic parameters in two production environments in the GIFT strain of Nile Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).	Ponzoni et al. (2005a)
5.	Performances of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) selected for high growth rate after three generations of selection.	Hamzah et al. (2006)
6.	Response to selection for body weight in three generations of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) grown at Aquaculture Extension Centre, Jitra.	Hamzah et al. (2007)
7.	Effect of thermal treatment on sex ratio, growth performance and survival in genetically improved farmed tilapia (GIFT strain, (<i>Oreochromis niloticus</i>)).	Khairul Rizal et al. (2008)
8.	Performance and survival of three red tilapia strains (<i>Oreochromis</i> spp.) in pond environment in Kedah state, Malaysia.	Hamzah et al. (2008)
9.	Production of hybrid red tilapia, <i>Oreochromis mossambicus</i> × <i>O. niloticus</i> , at varying stocking densities in portable canvas tanks	Hashim et al. (2008)
10.	Growth performance of mixed sex, hormonally sex reversed and progeny of YY male tilapia of the GIFT strain, <i>Oreochromis niloticus</i>	Hamzah et al. (2009)
11.	Correlated responses in fillet weight and yield to selection for high growth in genetically improved farmed tilapia (GIFT strain) <i>Oreochromis niloticus</i> .	Nguyen et al. (2010a)
12.	Comparative performance of four red tilapia strains and their crosses in fresh and saline water environments.	Pongthana et al. (2010)
13.	Growth and survival rate of three genetic groups of tilapia fed 28% and 34% protein diets.	Santos et al. (2012)
14.	Performance of the Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT) strain over ten generations of selection in Malaysia.	Hamzah et al. (2016)
15.	Effects of different dose of zeolite (Clinoptilolite) in improving water quality and growth performance of red Hybrid tilapia (<i>Oreochromis</i> sp.).	Zain et al. (2018)
16.	Breeding for robustness: investigating the genotype-by-environment interaction and micro-environmental sensitivity of Genetically Improved Farmed Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).	Agha et al. (2018)
17.	Effect of stocking density on the growth performance of red tilapia in zeolite supplemented closed system.	Hong et. al. (2021)
18.	Red hybrid tilapia (<i>Oreochromis</i> spp.) broodstock development in Malaysia. Status challenges and prospects for future development.	Mohamad et al. (2021)

Jadual 15: R&D dalam makanan tilapia

Bil	Tajuk	Rujukan
1.	The nutritive value of cassava leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia.	Ng dan Wee (1989)
2.	Winged bean seed meal: its successful use as a partial replacement for fish meal in practical diets for red tilapia fry.	Hasim et al. (1994)
3.	The effect of the partial replacement of fish meal with winged bean seed meal and whole winged bean (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>) on growth of red tilapia fingerlings	Hashim dan Azizi (1995)
4.	The influence of a dietary lipid source on growth, muscle fatty acid composition and erythrocyte osmotic fragility of hybrid tilapia.	Ng et al. (2001)
5.	The nutritive value of palm kernel meal and the effect of enzyme supplementation in practical diets for red hybrid tilapia.	Ng dan Chong (2002)
6.	Nutritive value of palm kernel meal pretreated with enzyme or fermented with <i>Trichoderma koningii</i> (Oudemans) as a dietary ingredient for red hybrid tilapia (<i>Oreochromis</i> sp.).	Ng et al. (2002)
7.	Apparent nutrient digestibility and amino acid availability of several novel protein sources for tilapia, <i>Oreochromis mossambicus</i> .	Lim et al. (2005)
8.	Evaluation of spent bleaching clay from palm oil refining as a feed ingredient in the diets of red hybrid tilapia, <i>Oreochromis</i> sp.	Ng dan Low (2005)
9.	Enhancement of monosex hybrid red tilapia, <i>Oreochromis mossambicus</i> X <i>O. niloticus</i> , production in portable canvas tanks through mixed-feeding strategies	Ahmad Fatani et al. (2005)
10.	Palm oil-laden spent bleaching clay as a substitute for marine fish oil in the diets of Nile tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i> .	Ng et al. (2006)
11.	Performance of genetically improved Nile tilapia compared with red hybrid tilapia fed diets containing two protein levels.	Ng dan Rosdiana (2008)
12.	The impact of dietary oil source and frozen storage on the physical, chemical and sensorial quality of fillets from market-size red hybrid tilapia, <i>Oreochromis</i> sp.	Ng dan Bahurmiz (2009)
13.	Utilization of poultry offal meal as protein source in tilapia fish diet.	Mardhati et al. (2010)
14.	Evaluation of the effect of cricket meal as substitution to fishmeal in red tilapia (<i>Oreochromis</i> spp.) diets.	Hanan et al. (2011)
15.	Condition factor as an indicator of growth and feeding intensity of Nile tilapia fingerlings (<i>Oreochromis niloticus</i>) feed on different levels of maltose.	Ighwela et al. (2011)
16.	Nutritive potential and utilization of super worm (<i>Zophobas morio</i>) meal in the diet of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) juvenile	Jabir et al. (2012a)
17.	Chemical composition and nutrient digestibility of super worm meal in juvenile red tilapia.	Jabir et al. (2012b)
18.	Effect of fermented kitchen waste on tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) growth performance and water quality as a water additive.	Hamli et al. (2013)
19.	Deposition of tocopherol and tocotrienol in the tissues of red hybrid tilapia, <i>Oreochromis</i> sp., fed vitamin E-free diets supplemented with different plant oils.	Lee et al. (2013)
20.	<i>Bacillus cereus</i> ; JAQ04 Strain as a Potential Probiotic for Red Tilapia; <i>Oreochromis</i> species	Benard et al. (2013)
21.	Growth performance of tilapia fed different concentrations of poultry offal meal.	Farahiyah et al. (2014)
22.	Replacement of rice bran with <i>Pleurotus florida</i> stalks on growth performance of <i>Oreochromis niloticus</i> fingerlings.	Muin et al. (2014)
23.	On-farm feeding and feed management in tilapia aquaculture in Malaysia.	Ng et al. (2014)

24.	Effect of partial and complete replacement of fishmeal with mushroom stalk meal and soy bean meal on growth performance of Nile tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i> fingerlings.	Muin et al. (2015)
25.	Fish offal meal as an alternative protein source of fish meal for tilapia, <i>Oreochromis</i> sp.	Farahiyah et al. (2015)
26.	Effect of β -mannanase supplementation on the growth and apparent digestibility of red tilapia fed formulated diets containing palm kernel cake.	Mohamad et al. (2015)
27.	Effects of some dietary crude plant extracts on the growth and gonadal maturity of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) and their resistance to <i>Streptococcus agalactiae</i> infection.	Kareem et al. (2016)
28.	Fish by-product meal served as a good protein source in the formulated diets for red tilapia fry	Fum et al. (2017)
29.	Malaysian rubber (<i>Hevea brasiliensis</i>) seed as alternative protein source for red hybrid tilapia, <i>Oreochromis</i> sp., farming	Lee dan Wendy (2017)
30.	Growth performance, feed utilization and body composition of Nile tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758) fed with different levels of black soldier fly, <i>Hermetia illucens</i> (Linnaeus, 1758) maggot meal diet.	Muin et al. (2017)
31.	The effect of house cricket (<i>Acheta domestica</i>) meal on growth performance of red hybrid tilapia (<i>Oreochromis</i> sp.).	Lee et al. (2017)
32.	Effects of using puffed feather meal on the growth performance and carcass characteristics of red hybrid tilapia.	Farahiyah et al. (2018)
33.	Replacement of fishmeal in feather meal based diet and its effects on tilapia growth performance and water quality parameters.	Yong et al. (2018)
34.	Determination of physicochemical properties of formulated fish feed supplemented with microalgae from bioremediation process.	Talip et al. (2019)
35.	Solid substrate fermentation of sago waste and its evaluation as feed ingredient for red hybrid tilapia	Lani et al. (2021)
36.	Application of sago (Metroxylon Sagu) starch in the diet of Nile tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758) juveniles on nutrient digestibility and digestive enzymes.	Senawi et al. (2021)
37.	The effects of field cricket (<i>Gryllus bimaculatus</i>) meal substitution on growth performance and feed utilization of hybrid red tilapia (<i>Oreochromis</i> spp.).	Hanan et al. (2022)
38.	Rice protein concentrate as a fish meal substitute in <i>Oreochromis niloticus</i> : Effects on immune response, intestinal cytokines, <i>Aeromonas veronii</i> resistance, and gut microbiota composition.	Reda et al. (2022)

Jadual 16: R&D dalam genetik tilapia

Bil	Tajuk	Rujukan
1.	Peningkatan genetik tilapia.	Hamzah (2001)
2.	The genetic structure of <i>Oreochromis</i> spp. (Tilapia) populations in Malaysia as revealed by microsatellite DNA analysis.	Bhassu et al. (2004)
3.	Genetic selection of farmed tilapia –the performance of the 9th generation of the gift strain in different farm environments.	Hamzah et al. (2004)
4.	Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).	Ponzoni et al. (2005b)
5.	Can sexual dimorphism and body shape be altered in Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) by genetic means?	Nguyen et al. (2007)
6.	Genetic improvement of Nile tilapia- present and future.	Ponzoni et al. (2008)
7.	Genetic analysis of the GIFT strain (Nile Tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i>) in Malaysia.	Khaw et al. (2009)
8.	Quantitative genetic basis of fatty acid composition in the GIFT strain of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) selected for high growth.	Nguyen et al. (2010)
9.	Inbreeding and effective population size in the Malaysian nucleus of the GIFT strain of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).	Ponzoni et al. (2010)
10.	Genetic improvement of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) with special reference to the work conducted by the WorldFish Center with the GIFT strain.	Ponzoni et al. (2011)
11.	Genotype by production environment interaction in the GIFT strain of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).	Khaw et al. (2011)
12.	Genetic analysis of quantitative traits in the gift strain.	Hamzah (2013)
13.	Genetic parameters and correlated responses in female reproductive traits in the GIFT strain.	Hamzah et al. (2014a)
14.	Flesh characteristics: estimation of genetic parameters and correlated responses to selection for growth rate in the GIFT strain.	Hamzah et al. (2014b)
15.	Performance of the Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT) strain over ten generations of selection in Malaysia.	Hamzah et al. (2014c)
16.	Differences in sexual size dimorphism among farmed tilapia species and strains undergoing genetic improvement for body weight.	Lind et al. (2015)
17.	Genetic analysis of a red tilapia (<i>Oreochromis</i> spp.) population undergoing three generations of selection for increased body weight at harvest.	Hamzah et al. (2017a)
18.	Genetic parameters for survival during the grow-out period in the GIFT strain of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) and correlated responses to selection for harvest weight.	Hamzah et al. (2017b)
19.	Effects of genotype by environment interaction on genetic gain and genetic parameter estimates in red tilapia (<i>Oreochromis</i> spp.).	Nguyen et al. (2017)
20.	Genetic variation and correlated changes in reproductive performance of a red tilapia line selected for improved growth over three generations.	Thoa et al. (2017)
21.	High genetic diversity and differentiation in three red tilapia stocks revealed by microsatellite DNA marker analysis.	Zhu et al. (2017)
22.	Breeding for robustness: investigating the genotype-by-environment interaction and micro-environmental sensitivity of Genetically Improved Farmed Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).	Agha et al. (2018)
23.	QTL mapping for red blotches in Malaysia red tilapia (<i>Oreochromis</i> spp.).	Li et al. (2019)
24.	Developing high performance Malaysia red tilapia through marker assisted selection MAS technology.	Mohd-Azwan et al. (2021)

Jadual 17: R&D dalam penyakit ikan tilapia

Bil	Tajuk	Rujukan
1.	Quantitative comparisons of erythrocyte morphology in healthy freshwater fish species from Malaysia.	Musa et al. (2008)
2.	Determination of LD ₅₀ for <i>Streptococcus agalactiae</i> infections in red tilapia and GIFT.	Amal et al. (2008)
3.	Streptococcosis in tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>): A Review.	Amal dan Zamri (2011)
4.	Massive mortality associated with <i>Streptococcus agalactiae</i> infection in cage-cultured red hybrid tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> in Como River, Kenyir Lake, Malaysia.	Musa et al. (2012a)
5.	Occurrence of <i>Plesiomonas shigelloides</i> in cultured red hybrid tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) from tropical rivers, east coast Malaysia.	Musa et al. (2012b)
6.	Water condition and identification of potential pathogenic bacteria from red tilapia reared in cage-cultured system in two different water bodies in Malaysia.	Marcel et al. (2013)
7.	Feed-based vaccination regime against streptococcosis in red tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i> x <i>Oreochromis mossambicus</i> .	Ismail et al. (2016)
8.	Associations of water quality and bacteria presence in cage cultured red hybrid tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i> × <i>O. mossambicus</i> .	Ismail et al. (2016)
9.	Gill monogeneans of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) and red hybrid tilapia (<i>Oreochromis</i> spp.) from the wild and fish farms in Perak, Malaysia: infection dynamics and spatial distribution.	Lim et al. (2016)
10.	Molecular identification and histopathological study of natural <i>Streptococcus agalactiae</i> infection in hybrid tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).	Laith et al. (2017)
11.	The effect of feed-based vaccination on tilapia farm endemic for streptococcosis.	Ismail et al. (2017)
12.	Isolation and pathogenicity of <i>Streptococcus iniae</i> in cultured red hybrid tilapia (<i>Oreochromis</i> sp.) in Malaysia.	Rahmatullah et al. (2017)
13.	A case of natural co-infection of tilapia lake virus and <i>Aeromonas veronii</i> in a Malaysian red hybrid tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i> × <i>O. mossambicus</i>) farm experiencing high mortality.	Amal et al. (2018)
14.	Modulation of growth performance, immunological responses and disease resistance of juvenile Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) (Linnaeus, 1758) by supplementing dietary inosine monophosphate.	Md Kader et al. (2018)
15.	Health examination of cultured red hybrid tilapia from setiu marine pond farm Terengganu.	Noor-Shahirah et al. (2018)
16.	Streptococcosis in red hybrid tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) commercial farms in Malaysia.	Musa et al. (2009)
17.	Inapparent infection cases of tilapia lake virus (TiLV) in farmed tilapia.	Senapin et al. (2018)
18.	Antibiotic sensitivity and pathogenicity of <i>Aeromonas veronii</i> isolated from diseased red hybrid tilapia in Malaysia.	Bidin et al. (2019)
19.	Evaluation of the resistance effect of genetically improved red tilapia hybrid towards <i>Streptococcus agalactiae</i> infection.	Siti Norita et al. (2019)
20.	Prominent vulnerability of red hybrid tilapia (<i>Oreochromis</i> spp.) liver to heat stress-induced oxidative damage.	Musa et al. (2021)
21.	Co-infections of Tilapia Lake Virus, <i>Aeromonas hydrophila</i> and <i>Streptococcus agalactiae</i> in farmed red hybrid tilapia.	Basri et al. (2020)
22.	On-farm epidemiological surveillance of genetically improved farmed tilapia (GIFT) cultured at floating net cages in Pahang, Malaysia.	Mohd Syafiq et al. (2020)

23.	Retrospective identification of bacterial depository revealed that streptococcus iniae was responsible for some of the Streptococcosis cases in cultured red tilapia in Malaysia since 2006.	Ali et al. (2020)
24.	Efficacy of whole cell inactivated <i>Vibrio harveyi</i> vaccine against Vibriosis in a marine red hybrid tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i> × <i>O. mossambicus</i>) Model.	Nadirah et al. (2020)
25.	Antibiotic susceptibility and pathogenicity of <i>Aeromonas hydrophila</i> isolated from red hybrid tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i> × <i>Oreochromis mossambicus</i>) in Malaysia.	Nurfarahin et al. (2020)
26.	Haemato-immunological responses and effectiveness of feed-based bivalent vaccine against <i>Streptococcus iniae</i> and <i>Aeromonas hydrophila</i> infections in hybrid red tilapia (<i>Oreochromis mossambicus</i> × <i>O. niloticus</i>).	Monir et al. (2020)
27.	Molecular characterization and pathogenicity of <i>Streptococcus agalactiae</i> serotypes Ia ST7 and III ST283 isolated from cultured red hybrid tilapia in Malaysia.	Syuhada et al. (2020)
28.	Efficacy of Feed-Based Formalin-Killed Vaccine of <i>Streptococcus iniae</i> Stimulates the Gut-Associated Lymphoid Tissues and Immune Response of Red Hybrid Tilapia.	Mohammad Hayat et al. (2021)
29.	The prevalence, putative virulence genes and antibiotic resistance profiles of <i>Aeromonas</i> spp. isolated from cultured freshwater fishes in peninsular Malaysia.	Mohamad Azzam-Sayuti et al. (2021a)
30.	Comparative pathogenicity of <i>Aeromonas</i> spp. in cultured red hybrid tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i> × <i>O. mossambicus</i>).	Mohamad Azzam-Sayuti et al. (2021b)
31.	Economic appraisal of using genetics to control <i>Streptococcus agalactiae</i> in Nile tilapia under cage and pond farming system in Malaysia.	Delphino et al. (2022)
32.	Prevalence and Antimicrobial Resistance of <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella</i> and <i>Vibrio</i> derived from farm-raised red hybrid tilapia (<i>Oreochromis</i> spp.) and Asian Sea Bass (<i>Lates calcarifer</i> , Bloch 1970) on the West Coast of Peninsular Malaysia.	Dewi et al. (2022)
33.	Effect of an oral bivalent vaccine on immune response and immune Gene profiling in vaccinated red tilapia (<i>Oreochromis</i> spp.) during infections with <i>Streptococcus iniae</i> and <i>Aeromonas hydrophila</i> .	Monir et al. (2022a)
34.	Feed-based bivalent vaccine upregulates expressions of immune-related genes in systemic and mucosal tissues of red hybrid tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i> × <i>O. mossambicus</i>) against <i>Streptococcus iniae</i> and <i>Aeromonas hydrophila</i> .	Monir et al. (2022b)

Jadual 18: Skop-skop lain R&D tilapia

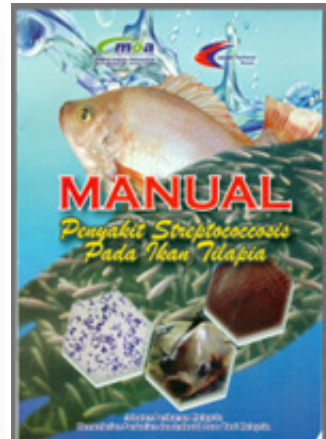
Bil	Tajuk	Rujukan
1.	A comparison of GIFT and Red tilapia for fillet yield and sensory attributes of flesh quality assessed by a trained panel.	Khaw et al. (2006)
2.	Modelling fillet yield based on body measurements in genetically improved farmed tilapia (GIFT) <i>Oreochromis niloticus</i> .	Nguyen et al. (2008)
3.	Quality of fish fillet from pond-raised red tilapia and its utilisation in the development of value-added product.	Che Rohani et al. (2009)
4.	“Aquatic chicken”- The future perspective of Tilapia in Malaysia.	Pradeep (2010)
5.	Antibiogram and heavy metal resistance of pathogenic bacteria isolated from moribund cage cultured silver catfish (<i>Pangasius sutchi</i>) and red hybrid tilapia (Tilapia sp.)	Lee et al. (2010)
6.	Evaluation of metal concentrations in red tilapia (<i>Oreochromis</i> spp) from three sampling sites in Jekebu, Malaysia using principal component analysis.	Low et al. (2011)
7.	Heavy metals concentration in different organs of tilapia fish (<i>Oreochromis niloticus</i>) from selected areas of Bangi, Selangor, Malaysia	Taweel et al. (2011)
8.	Histopathology of the gill, liver and kidney tissue of the fresh water fish tilapia <i>mossambica</i> exposed to cadmium sulphate.	Jalaludeen et al. (2012)
	Analysis of heavy metal concentrations in tilapia fish (<i>Oreochromis niloticus</i>) from four selected Markets in Selangor, Peninsular Malaysia.	Taweel et al. (2012)
9.	Prevalence, antibiotic resistance and plasmid profiling of Salmonella in catfish (<i>Clarias gariepinus</i>) and tilapia (<i>Tilapia mossambica</i>) obtained from wet markets and ponds in Malaysia	Budiati et al. (2013)
10.	Antibacterial ability and molecular characterization of probionts isolated from gut microflora of cultured red tilapia	Char et al. (2013)
11.	Evaluation of copper, lead and arsenic level in tilapia fish in Cempaka Lake (Bangi, Malaysia) and human daily/weekly intake.	Taweel et al. (2013)
12.	Correlation of MT levels in livers and gills with heavy metals in wild tilapia (<i>Oreochromis mossambicus</i>) from the Klang River, Malaysia.	Naji et al. (2014)
13.	Characterization of fish protein hydrolysate from tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) by-product.	Roslan et al. (2014)
14.	Assessment of environmental and human health risk for contamination of heavy metal in tilapia fish collected from Langat Basin, Malaysia.	Alam et al. (2015)
15.	Microbiological quality of catfish (<i>Clarias gariepinus</i>) and tilapia (<i>Tilapia mossambica</i>) obtained from wet markets and ponds in Malaysia.	Budiati et al. (2015)
16.	Distribution and health risk assessment of trace metals in freshwater tilapia from three different aquaculture sites in Jekebu Region (Malaysia)	Low et al. (2015)
17.	Antibiotic and heavy metal resistance of <i>Aeromonas</i> spp. isolated from diseased red hybrid tilapia (<i>Oreochromis</i> sp.)	Lee & Wendy (2015)
18.	Genetic relatedness of salmonella serovars isolated from catfish (<i>Clarias gariepinus</i>) and tilapia (<i>Tilapia mossambica</i>) obtained from wet markets and ponds in Penang, Malaysia.	Budiati et al. (2016)
19.	Bioaccumulation and histopathological changes induced by toxicity of mercury (HgCl ₂) to tilapia fish <i>Oreochromis niloticus</i> .	Jasim et al. (2016)
20.	Heavy metals accumulation on black tilapia species exposed to municipal solid waste landfill leachate and the health risk assessment.	Umi Raihana (2016)
21.	Effects of acute salinity stress and chronic salinity acclimatization on survival and muscle component of Malaysia red tilapia.	He et al. (2016)
22.	Assessment of metals concentration in tilapia (<i>Oreochromis</i> sp.) and estimation of daily intake by Malaysian	Nurulnadia et al. (2018)

23.	High water temperature impairs physiological responses in red hybrid tilapia: effects on cortisol and its regulation	Musa et al. (2017)
24.	Effect of sodium acetate, chilli and turmeric on the shelf life of refrigerated tilapia fillet.	Tuan Zainazor et al. (2017)
25.	Fish scales as a bioindicator of potential marine pollutants and carcinogens in asian sea bass and red tilapia within the coastal waters of Pahang, Malaysia.	Rahman et al. (2018)
26.	Determination of lead and cadmium in tilapia fish (<i>Oreochromis niloticus</i>) from selected areas in Kuala Lumpur,	Ishak et al. (2020)
27.	Extraction and characterization of collagen from the scales of black tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) and hybrid red tilapia (<i>Oreochromis</i> spp.)	Moorthy (2019)
28.	Effect of extraction temperature on the physicochemical properties of gelatine from the skin of black tilapia (<i>Oreochromis mossambicus</i>).	Tan et al. (2019)
29.	A survey on awareness and acceptance of genetically improved farmed tilapia (GIFT).	Wan Norhana et al. (2019)
30.	Life cycle assessment of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) farming in Kenyir Lake, Terengganu.	Dullah et al. (2020)
31.	Antibiotic susceptibility and pathogenicity of <i>Aeromonas hydrophila</i> isolated from red hybrid tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i> × <i>Oreochromis mossambicus</i>) in Malaysia	Puzi et al. (2020)
32.	Automated water quality monitoring system development via LabVIEW for aquaculture industry (Tilapia) in Malaysia.	Othman et al. (2020)
33.	Effects of background adaptation on the skin color of Malaysian red tilapia.	Wang et al. (2020)
34.	Tilapia in Tasik Temenggor: introduce or escapee?	Masazurah dan Nor Azlina (2021)
35.	A brief overview of the integrated fish farming of three commercially popular fish species (Snakehead, Tilapia and Catfish) in Malaysia	Mohd Azim dan Abdul Manan (2021)
36.	Sensory evaluation of fillets from tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) fed diets containing oil palm lipids.	Wan Nooraida et al. (2022)
37.	Prevalence and antimicrobial resistance of <i>Escherichia coli</i> , salmonella and vibrio derived from farm-raised red hybrid tilapia (<i>Oreochromis</i> spp.) and Asian sea bass (<i>Lates calcarifer</i> , Bloch 1970) on the West Coast of Peninsular Malaysia.	Dewi et al. (2022)
38.	The distribution of invasive tilapia throughout a tropical man-made lake with special reference to Temengor Reservoir, Malaysia.	Abd Hamid et al. (2022)

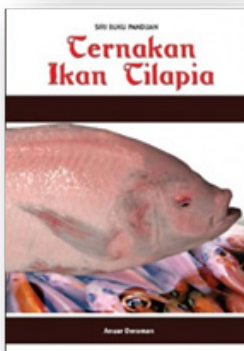
Jadual 19: Tesis berkaitan tilapia oleh penyelidik Malaysia

Bil	Tajuk	Tahun	Peringkat pengajian	IPTA	Pengarang
1.	Genetic improvement of tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) through selective breeding and crossbreeding.	2006	Sarjana	Universiti Sains Malaysia	Azhar Hamzah
2.	Potensi Sisa Pemprosesan Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) Sebagai Bahan Asas Perisa Makanan.	2007	Sarjana	Universiti Sains Malaysia	Nizaha Juhaida Mohamad
3.	A comprehensive survey and study of tilapia aquaculture in Malaysia with emphasis on production strategies and feed inputs.	2010	Sarjana	Universiti Sains Malaysia	Teh Sin Win
4.	Design formulation of freshwater fish feed from palm kernel cake (PKC).	2010	Sarjana Muda	Universiti Malaysia Pahang	Mohd Fakaruddin Abdul Rahman
5.	Population genetics and evaluation of diallel cross of four red tilapia populations in Malaysia.	2012	Sarjana	University of Malaya	Karuppannan Kayal Vizi
6.	Growth performance of tilapia using sago (<i>Metroxylon sagu</i>) as diet.	2012	Sarjana Muda	Universiti Malaysia Sarawak	Florida Easter Anak Juat
7.	Genetic analysis of quantitative traits in the GIFT strain.	2013	PhD	Universiti Sains Malaysia	Azhar Hamzah
8.	Molecular characterization and evaluation of <i>Paenibacillus pabuli</i> strain D12 and D14 isolated from gut microflora of red tilapia as potential probiotics for aquaculture use.	2014	Sarjana	Universiti Putra Malaysia	Hishammuddin Hamdan
9.	Formulation of aquafeed for red Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) from oil palm natural waste.	2014	Sarjana Muda	Universiti Malaysia Sarawak	Soh Mei Sin
10.	Cooperative and uniform fish? Social interactions and variability in live body weight in the GIFT strain (Nile tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i>) in Malaysia.	2015	PhD	Wagenigen University	Khaw Hooi Ling
11.	<i>Oreochromis niloticus</i> (tilapia) as bioindicator of heavy metals contamination in two different lakes and its potential health risk.	2018	Sarjana Muda	Universiti Teknologi Mara	Nur Ain Adilah Abdul Syukor
12.	Heavy metals accumulation in black tilapia sp exposed to municipal solid waste landfill leachate and the health risk assessment.	2016	Sarjana	Universiti Putra Malaysia	Umi Raihana Abdul Rahman
14.	Molecular characterization of <i>Streptococcus agalactiae</i> virulence gene isolated from Malaysian hybrid tilapia (<i>Oreochromis</i> spp.).	2019	Sarjana	International Islamic University Malaysia	Suphia Amiera Sulaiman
15.	Encapsulation of <i>Lactobacillus plantarum</i> ISO14 for symbiotic tilapia feed formulation.	2019	Sarjana	Universiti Putra Malaysia	Jahari MA
16.	Extraction and characterization of collagen from the scales of black tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) & hybrid red tilapia (<i>Oreochromis</i> spp.).	2019	Sarjana Muda	Tunku Abdul Rahman University College.	Moorthy
17.	The effect of <i>Leucaena leucocephala</i> leaf extract on the texture of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) fingerlings.	2018	Sarjana Muda	Universiti Malaysia Kelantan	Aida Syazana Musa
18.	Exopolysaccharide from mycelium of <i>Ganoderma lucidum</i> as a potential additive for juvenile red hybrid tilapia.	2020	Sarjana	Universiti Putra Malaysia	Janathu R

7.1 Buku/Manual berkaitan Tilapia



Penerbitan –penerbitan lain



Penerbitan –penerbitan lain

7.2 Inovasi berkaitan Tilapia

GIFT (*Genetically Improved Farm Tilapia*)

Masalah: Oleh kerana banyak hatcheri menggunakan stok asas baka yang kecil, pembiakan dalaman (*inbreeding*) yang tidak disengajakan boleh berlaku dan menyebabkan kehilangan kepelbagaian genetik. Perkara ini boleh menyebabkan penurunan prestasi ternakan di ladang



Penyelesaian: Pembangunan baka tilapia yang ditambahbaik. Program yang dimulakan oleh WorldFish bermula dari tahun 1988 dan masih berjalan sehingga kini. Ikan tilapia GIFT terhasil daripada program kacukan secara terancang yang menghasilkan satu generasi baru setiap tahun. Pada tahun 2020, penghasilan generasi ke-18 telahpun dicapai yang mempunyai kadar tumbesaran yang lebih tinggi berbanding ikan tilapia hitam yang asal.

Manfaat: Cepat membesar

Strain Tilapia Merah Hibrid Yang Ditambahbaik

Masalah: Kebanyakan hatcheri tilapia tempatan menggunakan induk yang tidak diketahui salasilah dan prestasi yang mengakibatkan pengeluaran tilapia merah menjadi tidak mapan.



Penyelesaian: Pembangunan baka tilapia merah hibrid. Program oleh Institut Penyelidikan Perikanan (FRI) telah bermula dari tahun 2007 dan masih berjalan sehingga kini. Projek dijalankan oleh FRI Glami Lemi, Negeri Sembilan. Dalam fasa pertama program ini, induk-induk tilapia merah dari Semenanjung Malaysia telah dikumpulkan dan dibuat penilaian prestasi. Empat stok baka terbaik telah dipilih dan dikacuk secara diallel lengkap. Fasa ke-2 adalah untuk meningkatkan prestasi tilapia merah terpilih. Dalam fasa ini, tilapia merah terpilih dikacuk dengan strain terpilih dari Taiwan dan Thailand untuk membentuk populasi asas. Pemilihan induk dilakukan berdasarkan trait cepat membesar dan dilakukan dalam setiap generasi.

Manfaat:

Ciri	Tilapia merah yang ditambahbaik	Tilapia merah yang tidak ditambahbaik (kawalan)
Kadar tumbesaran (tangki)	0.85 g sehari	0.71 g sehari
Kadar tumbesaran (kolam air tawar)	2.85 g sehari	2.18 g sehari
Kadar tumbesaran (kolam air payau)	1.59 g sehari	1.11 g sehari
Kadar hidup (dalam tangki, kolam air tawar dan kolam air payau).	68% hingga 78%	60% hingga 72%

Nisbah penukaran makanan (FCR) yang rendah iaitu 1.4 di dalam sistem kolam- menjimatkan kos penggunaan makanan.

Untuk maklumat lanjut sila hubungi:

Institut Penyelidikan Perikanan (FRI) Glami Lemi, 71650, Titi, Jelebu, Negeri Sembilan.

Tel: 606-613 3000 Faks: 606-613 8352

Tangki Asuhan Terapung

Masalah: Kadar tumbesaran anak ikan adalah lambat di dalam sangkar yang berada di badan air yang jernih. Ini adalah kerana persekitaran tersebut kurang mempunyai makanan semulajadi yang boleh menjadi sumber makanan untuk anak ikan. Di samping itu, air yang jernih menyebabkan anak ikan terdedah kepada cahaya matahari yang terik. Ini boleh menyebabkan kadar hidup menjadi rendah terutama semasa musim panas.



Penyelesaian: Mewujudkan keadaan seperti tangki di daratan bagi menakung air dan nutrien supaya air berplankton (air hijau) dapat dihasilkan di sangkar yang terletak di tasik.

Manfaat:

- Kadar hidup yang lebih tinggi dan saiz anak ikan yang lebih besar dapat dicapai dalam masa yang lebih singkat.
- Tempoh asuhan dapat dipendekkan.
- Lebih kos efektif.

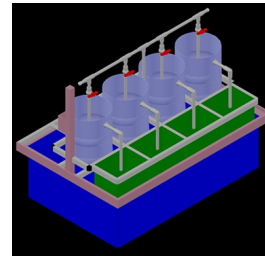
Untuk maklumat lanjut sila hubungi:

Institut Penyelidikan Perikanan (FRI) Glami Lemi, 71650, Titi, Jelevu, Negeri Sembilan.

Tel: 606-613 3000 Faks: 606-613 8352

Inkubator Telur Tilapia

Masalah: Tilapia mengeramkan telur di dalam mulutnya. Rega yang telah boleh berenang dengan sendirinya akan dikeluarkan daripada mulut induk betina. Namun, apabila rega ini bebas daripada mulut induk, ia akan menjadi mangsa kepada induk-induk lain yang berada di dalam tangki atau kolam yang sama. Ini menyebabkan kadar hidup benih yang rendah, diperolehi oleh penternak. Inovasi ini dibangunkan oleh FRI Glami Lemi, Negeri Sembilan.



Penyelesaian: Mengeluarkan telur matang daripada mulut induk betina adalah salah satu alternatif untuk meningkatkan kadar hidup benih. Kaedah yang digunakan sebelum ini ialah menggunakan sistem yang kompleks di dalam bengkel/bangunan yang besar. Ia memakan kos yang tinggi yang mana penternak berskala kecil tidak mampu memperolehinya.

Manfaat:

- Rekabentuk yang ringkas, mudah dipasang dan ditanggal untuk dihantar ke mana-mana lokasi.
- Mudah alih dan boleh diangkut dengan van atau kenderaan pacuan 4 roda.
- Kosnya adalah berpatutan dan mampu milik berbanding dengan inkubator yang digunakan sekarang ini di mana ia adalah unit kekal di dalam sebuah bangunan.

Untuk maklumat lanjut sila hubungi:

Institut Penyelidikan Perikanan (FRI) Glami Lemi, 71650, Titi, Jelevu, Negeri Sembilan.

Tel: 606-613 3000 Faks: 606-613 8352

Kacukan Tilapia Merah Secara Berjadual

Masalah: Penghasilan benih biasanya dilakukan di dalam kolam. Benih akan dtanggung setiap hari atau selepas dua bulan kacukan, induk akan diasingkan ke kolam lain. Ini menyebabkan pelbagai saiz benih akan diperolehi memandangkan tidak kesemua benih dapat ditangkap. Selain itu, tenaga kerja yang ramai diperlukan terutama untuk mengasingkan induk ke kolam yang lain dan proses untuk mengumpulkan benih yang telah sedia untuk diternak atau dijual. Inovasi ini dibangunkan oleh FRI Glami Lemi, Negeri Sembilan.

PROSEDUR KACUKAN TILAPIA MERAH SECARA BERJADUAL



Penyelesaian: Kaedah kacukan secara terancang dan sistematik untuk meningkatkan produktiviti pengeluaran benih ikan tilapia merah

Manfaat:

- Produktiviti meningkat.
- Penggunaan tenaga kerja yang lebih efisien.
- Mengikut kapasiti lading.
- Saiz seragam.
- Penggunaan masa yang lebih efektif.
- Pengeluaran benih dapat dirancang.

Untuk maklumat lanjut sila hubungi:

Institut Penyelidikan Perikanan (FRI) Glami Lemi, 71650, Titi, Jelevu, Negeri Sembilan.

Tel: 606-613 3000 Faks: 606-613 8352

StreptoVax: Vaksin Oral Untuk Mengawal Penyakit Streptococcosis Dalam Ikan Tilapia

Masalah: Streptococcosis adalah penyakit yang kerap berlaku di dalam ternakan tilapia dan endemik di Malaysia. Jangkitan yang serius boleh mengakibatkan sehingga 60% kematian atau lebih. Kaedah kawalan utama adalah pemberian vaksin. Majoriti vaksin yang ada dipasaran adalah dalam bentuk suntikan. Proses suntikan adalah lebih rumit dan memberi tekanan kepada ikan. Selain itu vaksin dibangunkan daripada strain yang dipencilkan dari tempat lain. Inovasi ini dibangunkan oleh NaFisH.



Penyelesaian: Vaksin yang dibangunkan daripada isolat tempatan dan dicampur dalam makanan ikan.

Manfaat:

- Lebih senang digunakan.
- Lebih murah.
- Ikan tidak tertekan.
- Keputusan ujian di lapangan menunjukkan StreptoVax boleh memberikan perlindungan dalam 4 bulan dengan kadar kemandirian 75–80%.

Untuk maklumat lanjut sila hubungi:

National Fish Health Research Division (NaFisH), Institut Penyelidikan Perikanan (FRI), 11960 Batu Maung, Pulau Pinang.

Tel: 604-626 3922, Faks: 604-626 3977

PRODUK HILIRAN DARIPADA IKAN TILAPIA

Penghasilan produk hiliran adalah penting bagi menggandakan pulangan ekonomi kepada pengusaha. Penggandaan pulangan ekonomi yang dimaksudkan adalah dari segi peningkatan keuntungan, penjanaaan peluang kerja baharu, penggunaan bahan mentah tempatan, potensi penjanaaan produk baharu daripada sisa buangan pemprosesan tilapia, mengurangkan impak pencemaran terhadap alam sekitar dan dapat dipasarkan dengan nilai yang lebih tinggi. Terdapat peningkatan ketara dalam penghasilan produk tambah nilai tilapia sejak tahun 2000 berikutan perubahan gaya hidup manusia yang lebih berkerjaya dan memerlukan hidangan tambah nilai yang mudah untuk dimasak berbanding ikan segar.

8.1 Produk makanan

Tilapia biasanya dipasarkan dalam bentuk sejuk segar dan beku secara keseluruhan atau isi ikan tanpa tulang (*fillet*). Ada juga produk yang diproses seperti tilapia salai, tilapia kering, tilapia pekasam, tilapia dalam tin, nugget dan lain-lain lagi produk yang sedia untuk dimasak.



Filet tilapia segar sejuk beku yang dibuang kulit dan tulang

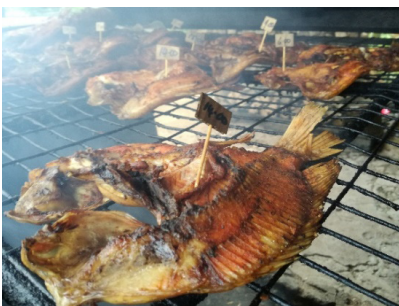


Tilapia sedia untuk dimasak (Ready-to cook)



Tilapia bersalut

Produk tilapia tempatan



Tilapia salai



Tilapia pekasam



Pais tilapia



Tilapia kering



Contoh hidangan tilapia yang sedia dimakan

8.2 Produk neutraseutikal dan farmaseutikal

Semasa pemprosesan tilapia terutamanya untuk menghasilkan *fillet*, sejumlah besar sisa (kulit, sisik, dan tulang) yang kaya dengan biomolekul bioaktif akan dihasilkan. Pengekstrakan pelbagai bahan aktif seperti peptida (termasuk kolagen) protein, enzim dan lain-lain boleh diusahakan daripada sisa ini, sesuai dengan konsep “*from waste to wealth*”. Berikut adalah contoh-contoh produk tambah nilai dengan nilai komersial yang tinggi.

Peptida protein

Kolagen adalah satu produk peptida protein daripada tilapia yang diekstrak daripada kulit dan boleh menjadi sumber alternatif kepada pengguna yang tidak mahu menggunakan kolagen daripada haiwan mamalia seperti lembu dan khinzir atas sebab-sebab keselamatan atau keagamaan.



Sumber

<https://www.facebook.com/Tilapia-Collagen-198919387412313/>

<https://tilapiacollagen.com/>

<https://www.groupon.com/deals/gg-cm-marine-collagen-premium-tilapia-peptides>

8.3 Penggunaan kulit tilapia dalam cantuman (*grafting*) kulit terbakar

Kulit tilapia telah ditunjukkan secara histologi sangat mirip dengan kulit manusia, terdapat lapisan tisu penghubung berserabut yang padat. Oleh itu, ia boleh membentuk bahan cantuman yang mungkin serupa dengan xenograft (tisu yang diambil daripada spesies lain, dirawat dan diimplan) lain yang berfungsi sebagai penghalang anti-bakteria, mengurangkan kehilangan cecair dan protein luka dan menyumbang kepada keadaan yang ideal untuk proses penyembuhan akan berkembang dengan memuaskan.



Sumber gambar: <https://www.businessinsider.com/tilapia-fish-skin-burn-treatment-brazil-2017-5>

8.4 Produk perhiasan

Produk kulit tilapia telah menjadi industri hiliran sampingan yang penting di negara pengeluar utama tilapia iaitu Brazil. Antara produk yang dikeluarkan adalah dompet, tali pinggang, beg duit wanita, beg bimbit, *vest*, kasut dan lain-lain lagi.





Sumber gambar:

<https://www.thailandmall.com/zh/products/955>

<https://www.ecplaza.net/fish-skin-tilapia--everything/TH>

<https://id.pinterest.com/pin/557813103825212008/>

<https://www.pinterest.com/regalsprings/tilapia-by-products/>

<https://tradenews.co.in/dt/leather-footwear/fish-leather-is-the-next-big-hit-in-the-world-of-fashion>

8.5 Produk makanan haiwan peliharaan



Sumber gambar:

<https://www.petsense.com/products/merrick-purrfect-bistro-tuna-and-tilapia-pate-grain-free-canned-cat-food>

<https://www.petco.com/shop/en/petcostore/product/soulistic-aqua-grill-tilapia-and-tuna-dinner-adult-canned-cat-food-in-gravy>

<https://www.petbarn.com.au/tiki-cat-luau-kapi-olani-tilapia-cat-can-80g-x12>

<https://applaws.com/us/cat/cat-can-broth/applaws-natural-wet-cat-food-tuna-with-tilapia-in-broth-2-47oz-can/>

<https://www.chewy.com/american-journey-landmark-tuna/dp/220137>

<https://catfooddb.com/product/against%20the%20grain/Big+Kahuna+With+Crab+%26+Tilapia>

LAIN-LAIN MAKLUMAT

9.1 Dakwaan negatif terhadap ikan tilapia

Walaupun sumbangan tilapia kepada dunia telah diiktiraf, namun terdapat juga dakwaan-dakwaan negatif yang dilemparkan kepada industri tilapia akibat daripada beberapa kajian terpencil yang melaporkan impak negatif akibat daripada memakan tilapia. Kajian tersebut mendakwa ikan tilapia mempunyai khasiat yang lebih buruk daripada daging kerana boleh meningkatkan risiko kanser dan penyakit Alzheimer. Kajian pada Julai 2008 yang menjadi kontroversi ini diterbitkan dalam *Journal of the American Dietetic Association*. Kajian ini menyatakan bahawa tilapia bukanlah pilihan yang baik untuk orang yang makan ikan dengan objektif untuk mengawal penyakit jantung. Penulis juga menyimpulkan walaupun dengan manfaat nutrisi yang baik, potensi keradangan daripada memakan hamburger dan daging babi adalah lebih rendah daripada tilapia yang ditenak. Penerangan ini diambil di luar konteks dan lebih mengejutkan, telah menimbulkan panik moral di kalangan pengguna tilapia.

Selepas itu, terdapat beberapa dakwaan lain terhadap ikan tilapia di internet. Antaranya adalah tilapia adalah mutan dan memakan tilapia adalah lebih memudaratkan daripada memakan makanan segera seperti hamburger serta mengandungi toksin penyebab kanser.



Sumber: <https://health.family.my/news-breakthrough/dangers-of-eating-tilapia-you-wont-eat-this-fish-after-reading-this>



Sumber: <https://www.thealternativedaily.com/reasons-i-wont-eat-tilapia/>



<https://www.youtube.com/watch?v=iTFVPbOo8Xc>



Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=gqfYUsInf5U>

Berikut adalah antara dakwaan tentang tilapia di media dan penjelasan ringkas:

Dakwaan #1: Tilapia tidak mesra persekitaran

Penjelasan: Bukan semua tilapia ditenak dalam keadaan yang tidak mesra persekitaran. Tilapia ditenak dalam pelbagai cara seperti yang ditunjukkan dalam Bab 6. Malah, di sesetengah negara, tilapia ditenak dalam sistem yang mempunyai penarafan kemampanan yang tinggi. Menurut organisasi pensijilan ekologi seperti *Ocean Wise* atau *Seafood Watch*, tilapia yang ditenak dalam sangkar air terbuka atau kolam adalah beberapa pilihan yang paling mampan. Sebagai pilihan, untuk pengguna yang peduli dengan ciri kemampanan, mereka boleh memilih produk tilapia yang mempunyai label pensijilan eko atau HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Points*) atau MyGAP (*Malaysian Good Aquaculture Practice*) sebelum membeli ikan tilapia.

Dakwaan #2: Tilapia tidak selamat untuk dimakan

Penjelasan: Satu salah kebimbangan utama adalah mengenai paras merkuri dalam tilapia. Secara umumnya merkuri terkumpul dalam otot ikan melalui makanan yang dimakan. Paras merkuri adalah lebih tinggi dalam ikan pemangsa atau ikan karnivor seperti tuna, yang memakan banyak ikan lain dalam rantai makanan. Tilapia pula sebaliknya adalah ikan omnivor, jadi kemungkinan tilapia mengumpul merkuri yang tinggi adalah sangat rendah. US FDA sebagai contohnya mencadangkan tilapia sebagai pilihan yang baik untuk wanita hamil kerana kandungan merkurnya yang rendah.

Dakwaan #3: Tilapia tercemar dengan dioksin

Penjelasan: Satu lagi khabar angin mendakwa tilapia sering tercemar dengan dioksin. Dioksin ialah sisa kimia toksik yang terhasil daripada sektor perindustrian dan juga wujud secara semula jadi dalam paras yang rendah. Dioksin biasanya terkumpul di dalam tanah atau air dan boleh diakses oleh haiwan. Apabila ditelan, dioksin terkumpul dalam lemak dan atas sebab itu dioksin biasa ditemui dalam produk haiwan seperti tenusu, daging dan bukan semata-mata ikan sahaja. Kandungan lemak dalam tilapia juga tidak tinggi seperti ikan patin, keli dan ikan marin yang lain.

Dakwaan #4: Tilapia bukan ikan sebenar

Penjelasan: Tilapia biru dan Tilapia Nilo berasal daripada spesies tilapia liar dan telah diusahakan daripada semasa ke semasa untuk berdaya tahan semasa ternakan dalam kurungan. Kaedah pembiakan selektif telah membawa kepada perubahan genetik kecil, yang menjadikan ikan tilapia yang ditenak kelihatan berbeza daripada ikan tilapia liar. Ikan pertama yang diubah suai secara genetik dan sampai ke dalam pinggan pengguna ialah salmon Atlantik oleh AquAdvantage yang membesar lebih cepat daripada salmon liar dan diluluskan oleh FDA. FDA meluluskan ikan salmon yang diubahsuai genetiknya selepas mengesahkan bahawa ianya selamat untuk dimakan dan tidak akan menimbulkan ancaman kepada alam sekitar. Setakat ini, tiada lagi tilapia dengan kandungan genetik yang dimodifikasi di pasaran. Sebaliknya genetik ikan tilapia ditambahbaik melalui proses pemilihan secara semulajadi. Ia berbeza dengan pengubahsuaian genetik secara

buatan melalui kaedah yang dijalankan di dalam makmal. Sebagai peringatan untuk pengguna, terdapat banyak produk lain yang telah diubah kandungan genetikanya di pasaran sedia ada termasuk padi, jagung, tomato, ubi kentang, bijirin, zucchini.

Dakwaan #5: Tilapia mempunyai rasa yang tidak sedap

Penjelasan: Rasa adalah satu penilaian yang subjektif dan penerimaan pengguna adalah satu perkara yang sangat pelbagai. Seperti makanan yang lain, lebih tinggi kualiti sesuatu produk, lebih bagus rasanya. Jadi, untuk pengguna yang mengutamakan rasa ikan tilapia yang sedap, mereka boleh memilih ikan tilapia premium. Bagi pengguna yang mementingkan kos, mereka akan memilih tilapia atas dasar harga yang berpatutan dan khasiat yang setanding. Sebaliknya rasa tilapia yang dianggap “mild” adalah satu kelebihan ikan ini kerana sangat sesuai dipadankan dengan semua jenis sos, perasa dan jenis masakan. Di samping itu, ia juga sesuai untuk pengguna yang tidak suka bau ikan yang kuat dan hanyir.

Dakwaan #6: Tilapia mengandungi pencemar karsinogenik terutamanya tilapia ternak. Ini adalah kerana mereka diberi makanan yang ditambah dengan organisma dengan kandungan genetik yang diubah (GMO)

Penjelasan: Kandungan protein dalam makanan rumusan ikan pada masa ini banyak menggunakan sumber daripada ikan (*fishmeal*). Walaupun begitu, terdapat usaha untuk menggantikan sumber protein fishmeal tersebut dengan protein tumbuhan seperti soya dan jagung. Penghasilan GM soya dan jagung telah dibuat 20 tahun lalu di luar negara. Penggunaan GM tumbuhan ini dalam penghasilan makanan ikan telah mendapat kelulusan pihak berkuasa Norway dan European Union. Maka, protein tumbuhan ini telah digunakan untuk menghasilkan makanan rumusan untuk ikan seperti salmon, tilapia dan kap. GM soya dan jagung dihasilkan untuk tujuan meningkatkan produktiviti. Salah satu strain soya yang dihasilkan dinamakan Roundup Ready (RR). Strain soya ini mempunyai trait yang tahan kepada pesticides. Penghasilan strain ini telah meningkatkan pengeluaran soya. Ini membuka peluang untuk menggantikan protein haiwan (*fishmeal*) dalam makanan rumusan ikan kepada protein tumbuhan bagi keselamatan industri akuakultur. Alternatif ini bermanfaat untuk industri memandangkan sumber fishmeal daripada perikanan tangkapan yang makin berkurang pada masa ini.

Tiada laporan secara spesifik berkaitan kesan negatif kepada manusia yang memakan ikan tilapia yang diberi pelet yang mengandungi GM soya/jagung oleh FAO, WHO, FAO, CODEX, USFDA. Cuma penggantian *fishmeal* dengan soyabean meal pernah dilaporkan menyebabkan kandungan isi ikan akan kekurangan rantai panjang asid lemak tak tepu omega-3 dan bertambah kandungan omega-6 (daripada protein berasaskan tumbuhan). Kebanyakan penternak tilapia di negara ini menggunakan pelet yang diimport. Jadi terdapat kemungkinan pelet tersebut mengandungi sumber protein daripada GM soya. Namun, penggunaannya dipercayai tidak mendatangkan mudarat kepada manusia. Jika ada kesan negatif, negara-negara EU, Japan, China pasti akan mengharamkan penggunaannya. Untuk makluman, ternakan haiwan darat seperti lembu telah lama diberi makanan berasal daripada GM jagung. Emping jagung komersial yang dimakan oleh ribuan manusia setiap hari juga dibuat menggunakan GM jagung.

Dakwaan #7: Tilapia dikatakan menyebabkan penyakit berkaitan dengan keradangan termasuk arthritis, asma dan penyakit jantung

Penjelasan: Ikan tilapia bukanlah sumber asid lemak omega-3 yang baik seperti ikan marin. Ikan tilapia seperti kebanyakan ikan air tawar mempunyai lebih banyak asid lemak omega-6 berbanding omega-3. Tidak dinafikan pengambilan omega-6 yang tinggi mempunyai risiko seperti yang dinyatakan seperti di atas. Namun tiada kajian spesifik yang mengaitkan pengambilan ikan tilapia dengan penyakit yang disenaraikan. Malah ada laman web yang menyangkal dakwaan ini (<http://www.mayoclinic.org/healthy-lifestyle/nutrition-and-healthy-eating/expert-blog/tilapia/bgp-20056256>). Tiada laporan khusus mengenai hubungkait antara memakan ikan Tilapia dengan penyakit-penyakit seperti yang dinyatakan di laman-laman web organisasi yang bertanggungjawab terhadap kesihatan awam seperti WHO, FAO, CODEX, USFDA, EU dsb. Sekiranya ada kebenaran tentang dakwaan di atas pihak bertanggungjawab seperti CODEX, WHO, FDA akan menyarankan cadangan saiz hidangan ikan tilapia/produk tilapia setiap hari yang boleh diambil oleh wanita atau sesiapa sahaja bagi mengelak kesan mudarat ini.

Dakwaan #8: Pendedahan kepada antibiotik dan racun perosak yang masih terdapat dalam isi ikan tilapia ternak

Penjelasan: Sekiranya dakwaan mengenai penggunaan antibiotik dan racun perosak adalah satu kebiasaan dalam ternakan tilapia, maka sudah tentu terdapat bilangan kes-kes penolakan import yang signifikan di US, EU dan Jepun ke atas tilapia yang dibawa masuk dari serata dunia disebabkan oleh kehadiran dua bahan kimia ini. Menurut FAO Aquaculture Newsletter No 58 (2018), Border Rejection Trends of Fishery and Aquaculture Products in European Union, USA and Japan, di EU, pada tahun 2017 kes-kes penolakan produk makanan laut yang paling tinggi adalah disebabkan oleh pencemaran kimia (159 kes), namun kebanyakannya adalah disebabkan oleh i) kehadiran merkuri (60% dari kes) dalam swordfish ii) penahanan disebabkan oleh residu nitrofurans dan sulfat dalam udang dan iii) kehadiran kadmium yang melebihi tahap yang dibenarkan (kebanyakan dalam cephalopod) dan bukannya tilapia. Di Amerika Syarikat pula sebab-sebab penolakan import adalah: kekotoran dan salah label (1114 kes), pencemaran mikrobiologi (282 kes), pencemaran kimia (kebanyakannya dadah veterinar dalam udang) 156 kes dan histamine (25 kes). Di Malaysia pula, Survei Penggunaan Antimikrob di kalangan penternak akuakultur yang dijalankan oleh Jabatan Perikanan Malaysia pada tahun 2017-2018, menunjukkan hanya 13 daripada 49 (26.5%) penternak di Malaysia menggunakan antibiotik untuk tujuan rawatan dan hanya 2 daripada 13 penternak tersebut adalah penternak tilapia.

Sememangnya penggunaan antibiotik dalam udang telah lama dilaporkan. Ini tidak mengejutkan kerana nilai pasaran udang yang tinggi menyebabkan penternak menggunakan segala langkah kawalan untuk menjamin pulangan yang lumayan. Akan tetapi perkara ini tidak berapa ekonomikal untuk penternak tilapia yang harga makanan ikan sahaja sudah terlalu tinggi. Penggunaan antibiotik tanpa keperluan yang mendesak jarang diamalkan kerana spesies ikan ini secara relatifnya murah dan tiada keperluan untuk menambah antibiotik dalam operasi seharian jika tiada keperluan kerana ini akan meningkatkan kos operasi ternakan.

9.2 Ikan tilapia sebagai ikan asing yang invasif

Walaupun ikan tilapia adalah antara spesies akuakultur utama dunia daripada aspek kemampanan pengeluaran namun impak kepada biodiversiti juga perlu diambil kira. Kemampuan tilapia berkembang biak dalam julat persekitaran yang luas boleh mendatangkan ancaman apabila ia terlepas ke perairan umum dan memakan ikan tempatan. Justeru, sesetengah spesies tilapia dianggap sangat invasif (Chong et al. 2010; NWGIAS 2014). Ia mampu menyebabkan kehilangan biodiversiti serta hakisan genetik (Mahmud-ul-Ameen, 2000). Antara ciri-ciri yang membolehkan ikan ini membiak di luar habitat asal mereka adalah kerana adaptasi yang baik terhadap kemasinan air, oksigen terlarut dan suhu yang pelbagai (Febry dan Lutz P, 1987; Courtenay, 1997). Selain itu, ia juga tahan kepada perubahan persekitaran dan mempunyai tabiat pemakanan omnivor yang menyumbang kepada pencerobohan yang tinggi di muara sungai (El-Sayed, 1999).

Menurut Pangkalan Data Spesies Invasif Global (2022), tilapia yang terlepas daripada sangkar ternakan dan berkembang biak di ekosistem akuatik, mampu mengakibatkan kemerosotan spesies ikan asli yang berpotensi untuk dijadikan spesies akuakultur serta perubahan komuniti bentik semula jadi. Menurut Giani dan Figueredo (2005) masalah mungkin timbul dalam persekitaran akuatik selepas kemasukan *O. niloticus* terutamanya di kawasan dengan kadar pertukaran air yang perlahan. Keadaan air yang eutropik selalunya terhasil daripada pengeluaran *O. niloticus* yang intensif. Rejim pemakanan terpilih *O. niloticus* juga boleh menyebabkan konstitusi alga yang tidak seimbang dalam air. Oleh kerana *O. niloticus* membiak pada kadar yang begitu pantas, kepadatan mereka menjadi sesak dan mengatasi spesies ikan asli. Kehilangan biodiversiti ini membawa kepada hakisan genetik dan lebih mudah terdedah kepada penyakit (Mahmud-ul-Ameen, 2000). Bagi mengatasi ancaman populasi tilapia yang tidak terkawal, Palau sebuah negara di Western Pasifik misalnya telah memulakan program pembasmian untuk membuang tilapia dari negara itu dengan menggunakan bahan kimia (Rotenone) yang diletakkan di lima tapak yang diserang dengan spesies ini di bawah Projek Pembasmian Tilapia, 2004; Biodiversiti Palau.

Walau bagaimanapun penternakan tilapia juga mempunyai impak positif selain daripada menyokong jaminan makanan. Antaranya adalah sebagai kawalan biologi kepada masalah alga. Makanan utama tilapia iaitu tumbuhan akuatik terapung, duckweed (*Lemna* sp.) dan alga berfilamen (filamentous). Di Kenya, tilapia dikomersialkan untuk mengawal nyamuk yang menyebabkan malaria. Larva nyamuk merupakan makan utama tilapia dan tabiat ini dapat mengurangkan nyamuk betina yang merupakan vektor penyakit tersebut (Petr, 2000). Justeru, Mahmud-ul-Ameen (2000) mencadangkan bahawa ternakan tilapia disyorkan untuk kawasan-kawasan di mana spesies asli jarang atau tidak ada dan bukan di kawasan dengan spesies tempatan yang pelbagai.

Spesies non-natif seperti tilapia mudah ditemui di persekitaran akuatik di Malaysia melalui kemasukan secara sengaja atau terlepas daripada aktiviti akuakultur (Cruz-Suarez, 2017). Contohnya, kehadiran tilapia telah direkodkan di kawasan-kawasan yang terpencil seperti di sungai tanah tinggi seperti Sungai Kelalan, Sarawak (Khairul-Adha et al., 2013), di Tasik Beris dan Kuala Muda di Kedah (Sharifudin dan Sharip 2020), dan Tasik Temenggor di Perak. Walau bagaimanapun, sepanjang pengetahuan

kami, pada masa ini tiada kajian yang diterbitkan mengenai kesan ekologi dan sosio-ekonomi khusus terhadap tilapia di Malaysia. Pada tahun 2018, terdapat aduan daripada pemancing dari Tasik Temenggor yang menyatakan saiz tilapia yang terdapat di Tasik ini sangat besar. Perkara ini telah mendapat perhatian serius pengurus perikanan dan pihak kerajaan negeri. Seperti yang diketahui terdapat aktiviti ternakan tilapia berskala komersial di Tasik Temenggor semenjak tahun 2007 oleh sebuah syarikat dari Norway yang menggunakan strain tilapia Norwegian Genomar Supreme Tilapia, iaitu strain GIFT yang ditambahbaik. Satu kajian telah dijalankan oleh FRI Batu Maung bagi menentukan kepelbagaian strain tilapia di Tasik Temenggor. Sampel-sampel ikan tilapia telah diperolehi dan ekstraksi DNA telah dijalankan bagi melihat jenis strain yang terdapat di tasik ini. Berdasarkan keputusan analisis DNA sahaja, boleh dikatakan sumber ikan tilapia Nilo yang ditangkap oleh pemancing di Tasik Temenggor adalah bukan daripada sangkar ternakan. Ia mungkin dibawa masuk ke tasik dengan sengaja atau tanpa niat (Masazurah dan Azlina, 2019).



Sampel-sampel ikan tilapia yang diperolehi dari Tasik Temenggor

Penutup

Secara umumnya dapat disimpulkan ikan tilapia di Malaysia mempunyai sejarah yang tersendiri dengan maklumat-maklumat awal berkaitan dengannya ada didokumenkan dengan rapi dan masih boleh dirujuk sehingga kini. Di samping itu, daripada maklumat dan data-data yang dipersembahkan dalam buku ini juga menunjukkan industri ini telah lama bertapak di Malaysia dengan banyak penyelidikan, teknologi dan inovasi telah dilaksanakan dan dibangunkan. Maklumat mengenai penyelidikan dan pembangunan berkaitan ikan tilapia yang disenaraikan dalam buku ini, boleh digunakan oleh penyelidik lain dan pelajar sebagai panduan agar tidak mengulangi kajian yang sama atau menyambung penyelidikan yang telah dijalankan agar lebih banyak pengetahuan baharu boleh dihasilkan.

Tilapia juga mempunyai permintaan yang tinggi sebagai makanan berkhasiat untuk manusia dan bahan sampingan daripada tilapia juga dapat dijadikan bermacam-macam produk termasuk yang bernilai tinggi seperti polipeptida dan kulit gentian untuk kegunaan industri farmaseutikal di samping industri makanan haiwan peliharaan serta aksesori perhiasan diri.

Akhir sekali, kami berharap agar ensiklopedia mini ini dapat melengkapi informasi sedia ada mengenai tilapia di Malaysia dalam satu naskah yang padat dan ringkas serta dapat memudahkan semua pihak berkepentingan untuk membuat rujukan tentang sejarah, status, pola dan data pengeluaran, perkembangan serta potensi industri ikan tilapia di Malaysia.

Rujukan

- Ahmad Fatan et al. (2002). Enhancement of tilapia production in portable canvas tanks through mixed feeding strategies. World Aquaculture, April 23 – 27, Beijing China.
- Agha et al. (2018). Breeding for robustness: investigating the genotype-by-environment interaction and micro-environmental sensitivity of Genetically Improved Farmed Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Animal Genetic 49(5):421-427. <http://doi:10.1111/age.12680>.
- Amal et al. (2008). Determination of LD₅₀ for *Streptococcus agalactiae* infections in red tilapia and GIFT. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture 2008.
- Amal et al. (2018). A case of natural co-infection of Tilapia Lake Virus and *Aeromonas veronii* in a Malaysian red hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) farm experiencing high mortality. Aquaculture. 485:12-16. <https://doi:10.1016/j.aquaculture.2017.11.019>
- Amal dan Zamri-Saad (2011). Streptococcosis in Tilapia (*Oreochromis niloticus*): A Review. Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science. 34(2):195-206.
- Ang et al. (1989). The status of introduced fish species in Malaysia. In: De Silva, S.S (Ed). Proceedings of a workshop on introduction of exotic aquatic organisms in Asia. (pp 71–82). Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.
- Bahurmiz dan Ng (2009). The impact of dietary oil source and frozen storage on the physical, chemical and sensorial quality of fillets from market-size red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp. Food Chemistry. 113:1041-1048.
- Basri et al. (2020). Co-infections of Tilapia Lake Virus, *Aeromonas hydrophila* and *Streptococcus agalactiae* in farmed red hybrid tilapia. Animals. 10(2141). <https://doi:10.3390/ani10112141>.
- Behrends et al. (1982). Breeding and culture of red-gold color phase of tilapia. Journal of the World Aquaculture Society. 13:210–220. <https://doi:10.1111/j.1749-7345.1982.tb00028.x>.
- Bernard et al. (2013). *Bacillus cereus*; JAQ04 Strain as a Potential Probiotic for Red Tilapia; *Oreochromis* Species. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 8: 395-400.
- Bhassu et al. (2004). The genetic structure of *Oreochromis* spp. (Tilapia) populations in Malaysia as revealed by microsatellite DNA analysis. Biochemical genetics. 42:217-29. <https://doi:10.1023/B:BIGI.0000034426.31105.da>.
- Budiati et al. (2013). Prevalence, antibiotic resistance and plasmid profiling of *Salmonella* in catfish (*Clarias gariepinus*) and tilapia (*Tilapia mossambica*) obtained from wet markets and ponds in Malaysia. Aquaculture. 372–375:127-132.
- Chong et al. (2010). Diversity, extinction risk and conservation of Malaysian fishes. Journal of fish biology. 76:2009-2066. <https://doi:10.1111/j.1095-8649.2010.02685.x>.
- Courtenay (1997). Tilapias as non-indigenous species in the Americas: environmental, regulatory and legal issues. p. 18–33. In: B. A. Costa-Pierce. and J. E. Rakocy (Eds.) Tilapia Aquaculture in the Americas, Volume 1. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA.
- Dullah et al. (2020). Life cycle assessment of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) farming in Kenyir Lake, Terengganu. Sustainability. 12(2268). <doi:10.3390/su12062268>
- Duodu et al. (2020). Effect of pond fertilization on productivity of tilapia pond culture in Ghana. Journal of Fisheries and Coastal Management. 2:56-64. doi:10.5455/jfcom.20190722060436.
- El-Sayed A.F.M. (1999). Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. Aquaculture 179:149–168.
- Eknath dan Hulata (2009). Use and exchange of genetic resources of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Reviews in Aquaculture, 1:197-213. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2009.01017.x>
- FAO. (2020). Fishery and Aquaculture Statistics. Global aquaculture production 1950–2018 (FishstatJ). In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 2020. www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en
- Farahiyah et al. (2014). Growth performance of tilapia fed different concentrations of poultry offal meal. Malaysian Journal of Veterinary Research. 5(1):125-126.
- Farahiyah et al. (2015). Effect of substituting fishmeal with fish offal meal (FOM) on growth performance of tilapia. Proceedings of 2nd Asean Regional Conference on Animal Production and 36th Malaysian Society of Animal Production, Port Dickson. Pp: 129-130.
- Farahiyah et al. (2018). Effects of using puffed feather meal on the growth performance and carcass characteristics of red hybrid tilapia. 21. 99-107.
- Fatan et al. (2005) Enhancement of monosex hybrid red tilapia, *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus* production in portable canvas tanks through mixed-feeding strategies. Journal of Applied Aquaculture. 17:4:99-111. https://doi:10.1300/J028v17n04_07.
- Febry dan Lutz (1987). Energy partitioning in fish: the activity related cost of osmoregulation in a euryhaline cichlid. Journal of Experimental Biology. 128:63–85.
- Figueredo dan Giani. (2005). Ecological interactions between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) and the phytoplanktonic community of the Furnas Reservoir (Brazil). Freshwater Biology. 50(8):1391-1403.
- Fum et al. (2017). Fish by-product meal served as a good protein source in the formulated diets for red tilapia fry. Songklanakarin. Journal of Science and Technology. 39. 813-817. <https://doi:10.14456/sjst-psu.2017.99>.
- Galman dan Avtalion (1983). A preliminary investigation of the characteristics of red tilapias from the Philippines and Taiwan. pp. 291–301. In: Fishelson L. and Z. Yaron (Eds). Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Nazareth, Israel, May 18–13, 983. (). Tel Aviv: Tel Aviv University (1983)
- Global Invasive Species Database (2022) Species profile: *Oreochromis niloticus*. Downloaded from <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=1322> on 15-04-202.
- Gupta MV dan Acosta BO. (2004) From Drawing Board to Dining Table: The Success Story of the GIFT Project. Naga, Worldfish Center Quarterly, 27, 4-14.
- Hamli et al. (2013). Effect of fermented kitchen waste on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and water quality as a water additive. Journal of Biological Sciences. 13:559-562.

- Hamzah A. (2001). Peningkatan genetik tilapia. Berita Perikanan. Bil: 41, Julai 2001.
- Hamzah et al. (2002). Growth comparison of black (GIFT strain) and red tilapia. FRI Newsletter. Vol.7 No: 1 & 2 June/Dec., pp. 9-11.
- Hamzah et al. (2004). Genetic selection of farmed tilapia –The performance of the 9th generation of the GIFT strain in different farm environments. Malaysian Fisheries Journal. 3(2):74-80.
- Hamzah et al. (2006). Performances of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) selected for high growth rate after three generations of selection. Malaysian Fisheries Journal. 6(2):103-110.
- Hamzah et al. (2007). Response to selection for body weight in three generations of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) grown at Aquaculture Extension Centre, Jitra. Proceeding of Malaysian Applied Biology Society, pp 41-44.
- Hamzah et al. (2008). Performance and survival of three red tilapia strains (*Oreochromis* spp.) in pond environment in Kedah State, Malaysia. In: proceedings of the 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. 12-14 October 2008, Cairo, Egypt.
- Hamzah et al. (2009). Growth performance of mixed sex, hormonally sex reversed and progeny of YY male tilapia of the GIFT strain, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture Research. 40:720-728.
- Hamzah et al. (2014a). Genetic parameters and correlated responses in female reproductive traits in the GIFT strain. Aquaculture Research. 1-11. <https://doi.org/10.1111/are.12608>.
- Hamzah et al. (2014b). Flesh characteristics: estimation of genetic parameters and correlated responses to selection for growth rate in the GIFT strain. Aquaculture Research. 47(7):2139-2149.
- Hamzah et al. (2014c). Performance of the Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT) strain over ten generations of selection in Malaysia. PERTANIKANA Journal of Tropical Agricultural Science. 37(4):411-429.
- Hamzah et al. (2017a). Genetic analysis of a red tilapia (*Oreochromis* spp.) population undergoing three generations of selection for increased body weight at harvest. Journal of Applied Genetics. <https://doi.org/10.1007/s13353-107-0411-8>.
- Hamzah et al. (2017b). Genetic parameters for survival during the grow-out period in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and correlated responses to selection for harvest weight. Aquaculture Research. 48:47-55.
- Hanan et al. (2011). Evaluation of the effect of cricket meal as substitution to fishmeal in Red Tilapia (*Oreochromis* spp.) diets. Kuala Terengganu: Jabatan Perikanan Malaysia.
- Hanan et al. (2022). The effects of field cricket (*Gryllus bimaculatus*) meal substitution on growth performance and feed utilization of hybrid red tilapia (*Oreochromis* spp.). Applied Food Research. 2(1).
- Hashim dan Azizi (1996). The effect of the partial replacement of fish meal with winged bean seed meal and whole winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) on growth of red tilapia fingerlings. Malaysian Journal of Animal Science, 1(1):29-32.
- Hashim et al. (2008). Production of hybrid red tilapia, *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*, at varying stocking densities in portable canvas tanks. Journal of Applied Aquaculture. 12(3):1-12.
- Hashim et al. (1994). Wing bean seed meal: its successful use as a partial replacement of fish meal in practical diet for red tilapia fry. In: LM Chou, AD Munro, TJ Lam, TW Chen, LKK Cheong, JK Ding, KK Hooi, HW Khoo, VPE Phang, KF Shim, CH Tan (Eds). The 3rd Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines, ms 660-662.
- Hickling. (1960). The Malacca tilapia hybrids. Journal of Genetics. 57:1-10. <https://doi.org/10.1007/BF02985334>.
- Hong et al. (2021). Effect of stocking density on the growth performance of red tilapia in zeolite supplemented closed system. Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering). 83(5):85-92.
- Hulata et al. (1995). Evaluation of some red tilapia strains for aquaculture: growth and color segregation in hybrid progeny. Aquaculture Research. 26:765-771.
- Ifedayo et al. (2020). Comparative study on growth and economic performances of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* reared under different culture enclosures in Akure, Nigeria. Aquaculture Studies. 20(2):91-98. https://doi.org/10.4194/2618-6381-v20_2_03.
- Ishak et al. (2020). Determination of lead and cadmium in tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) from selected areas in Kuala Lumpur, The Egyptian Journal of Aquatic Research. 46(3):221-225. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.06.001>.
- Jabir et al. (2012a). Nutritive potential and utilization of super worm (Zophobas morio) meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. African Journal of Biotechnology. 11(24):6592-6598.
- Jabir et al. (2012b). Chemical composition and nutrient digestibility of super worm meal in red tilapia juvenile. Pakistan Veterinary Journal. 32:489-493.
- Jalaludeen et al. (2012). Histopathology of the gill, liver and kidney tissue of the fresh water fish tilapia Mossambica exposed to cadmium sulphate. International Journal of Advance Biological Research. 2(4):572-578.
- Jasim et al. (2016). Bioaccumulation and histopathological changes induced by toxicity of mercury (HgCl₂) to tilapia fish *Oreochromis niloticus*. Sains Malaysiana. 45(1):119-127.
- Low et al. (2015). Distribution and health risk assessment of trace metals in freshwater tilapia from three different aquaculture sites in Jebebu Region (Malaysia). Food Chemistry. 177:390-6. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.059>.
- Lee SW, Wendy W. Antibiotic and heavy metal resistance of *Aeromonas hydrophila* and *Edwardsiella tarda* isolated from red hybrid tilapia (*Oreochromis* spp.) coinfecting with motile *Aeromonas* septicemia and Edwardsiellosis. Vet World. 2017 Jul;10(7):803-807. <http://doi.org/10.14202/vetworld.2017.803-807>.
- Kareem et al. (2016). Effects of some dietary crude plant extracts on the growth and gonadal maturity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and their resistance to *Streptococcus agalactiae* infection. Fish Physiology and Biochemistry. 42(2):757-69. <http://doi.org/10.1007/s10695-015-0173-3>.
- Khairul Rizal et al. (2008). Effect of thermal treatment on sex ratio, growth performance and survival in genetically improved farmed tilapia (GIFT strain, *Oreochromis niloticus*). 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. 12-14 October 2008, Egypt.
- Khaw et al. (2006). A comparison of GIFT and Red tilapia for fillet yield and sensory attributes of flesh quality assessed by a trained panel. Conference: Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo

- Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 13-18 August, 2006. 09-05.
- Khaw et al. (2010). Genetic analysis of the GIFT strain (Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*) in Malaysia. Proceedings of the 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Leipzig, Germany.
- Khaw et al. (2011). Genotype by production environment interaction in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture. 326-329:53-60. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.11.016>
- Laith et al. (2017). Molecular identification and histopathological study of natural *Streptococcus agalactiae* infection in hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus*). Veterinary World. 10(1):101-111.
- Lani et al. (2021). Solid substrate fermentation of sago waste and its evaluation as feed ingredient for red hybrid tilapia. Malaysian Applied Biology. 50(1):85-94. <https://doi.org/10.55230/mabjournal.v50i1.15>.
- Lebel et al. (2013). River-based cage aquaculture of tilapia in northern Thailand: Sustainability of Rearing and Business Practices. Natural Resources. 4(5):410-421. <https://dx.doi.org/10.4236/nr.2013.45051>.
- Lee dan Wendy (2017). Malaysian rubber (*Hevea brasiliensis*) seed as alternative protein source for red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp. farming. AACLBioflux. 10(1):32-37.
- Lee et al. (2010). Antibigram and heavy metal resistance of pathogenic bacteria isolated from moribund cage cultured silver catfish (*Pangasius sutchi*) and red hybrid tilapia (Tilapia sp.). Frontiers of Agriculture in China. 4 (1):116-120.
- Lee et al. (2013). Deposition of tocopherol and tocotrienol in the tissues of red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp., fed vitamin E-free diets supplemented with different plant oils. Fish Physiology and Biochemistry. 39(6):1457-1471.
- Lee et al. (2017). The effect of house cricket (*Acheta domesticus*) meal on growth performance of red hybrid tilapia (*Oreochromis* sp.). International Journal of Aquatic Science. 8(2):78-82.
- Lim et al. (2005). Apparent nutrient digestibility and amino acid availability of several novel protein sources for tilapia, *Oreochromis mossambicus*. Journal of Aquaculture in the Tropics. 20:209-221.
- Lim et al. (2016). Gill monogeneans of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and red hybrid tilapia (*Oreochromis* spp.) from the wild and fish farms in Perak, Malaysia: infection dynamics and spatial distribution. SpringerPlus 5. 1609. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3266-2>.
- Lind et al. (2015). Differences in sexual size dimorphism among farmed tilapia species and strains undergoing genetic improvement for body weight. Aquaculture Reports. 20-27.
- Liu et al. (2016). Development of *Streptococcus agalactiae* vaccines for tilapia. Diseases of Aquatic Organisms. 122:163-170. <https://doi.org/10.3354/dao03084>.
- Low et al. (2011). Evaluation of metal concentrations in red tilapia (*Oreochromis* spp) from three sampling sites in Jekebu, Malaysia using principal component analysis. Food Analytical Methods. 4:276-285.
- Lubna et al. (2015). Assessment of environmental and human health risk for contamination of heavy metal in tilapia fish collected from Langat Basin, Malaysia. Asian Journal of Water, Environment and Pollution. 12:21-30.
- Mahmud-ul-Ameen (2000). Development of guiding principles for the prevention of impacts of alien species." Government Grant Proposal submitted to Bangladesh, Ministry of Environment and Forest.
- Mardhati et al. (2010). Utilization of poultry offal meal as protein source in tilapia fish diet. Proceedings of 4th International Conference on Animal Nutrition, Johor Bahru. Pp: 291-294
- Mazuki (2015). Industry and market status of tilapia in Malaysia. Paper presented in the 4th International Trade and Technical Conference and Exposition on Tilapia (Tilapia 2015). <https://www.infopesca.org/sites/default/files/complemento/actividadesrecientes/adjuntos/1369/6%20Malaysia-Industry%20and%20Market%20Status%20of%20Tilapia.pdf>. (Accessed 15 May 2020).
- Md Kader et al. (2018). Modulation of growth performance, immunological responses and disease resistance of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus, 1758) by supplementing dietary inosine monophosphate. Aquaculture Reports. 10:2352-5134. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2018.03.003>.
- Md Kader et al. (2018). Modulation of growth performance, immunological responses and disease resistance of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus, 1758) by supplementing dietary inosine monophosphate. Aquaculture Reports. 10:2352-5134. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2018.03.003>.
- Mena-Herrera et al. (2002). Effects of water salinity on the growth of hybrid red tilapia *Oreochromis mossambicus* (Peters) × *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), cultured under controlled laboratory conditions. Veterinaria México. 33(1):39-48.
- Mensah dan Attipoe (2013). Growth parameters and economics of tilapia cage culture using two commercial fish diets. International Journal of Development and Sustainability. 2(2):825-837.
- Mohamad Azzam-Sayuti et al (2021a). The prevalence, putative virulence genes and antibiotic resistance profiles of *Aeromonas* spp. isolated from cultured freshwater fishes in peninsular Malaysia. Aquaculture. 540, 736719. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736719>
- Mohamad Azzam-Sayuti et al. (2021b). Comparative pathogenicity of *Aeromonas* spp. in cultured red hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*). Biology. 10(11):1192. <https://doi.org/10.3390/biology10111192>
- Mohamad et al. (2015). Effect of β-mannanase supplementation on the growth and apparent digestibility of red tilapia fed formulated diets containing palm kernel cake. Global Advanced Research Journal of Agricultural Science. 4(2):075-088.
- Mohamad et al. (2021). Red hybrid tilapia (*Oreochromis* spp.) broodstock development programme in Malaysia: Status, challenges and prospects for future development Asian Fisheries Science. 34(1):73-81. <https://doi.org/10.33997/j.afs.2021.34.1.008>.
- Mohd Azim dan Abdul Manan (2021). A brief overview of the integrated fish farming of three commercially popular fish species (Snakehead, Tilapia and Catfish) in Malaysia. Malaysian Journal of Applied Science. 6, 2. <https://doi.org/10.37231/myjas.2021.6.2.301>.
- Mohd Syafiq et al. (2020). On-farm epidemiological surveillance of Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT) cultured at floating net cages in Pahang, Malaysia. Sains Malaysiana. 49(8):1819-1827.
- Mohd Zin et al. (2020). Growth performance and post-harvest quality of GIFT tilapia reared in two different culture systems. Malaysian Applied Biology. 49(1):183-192. <https://doi.org/10.55230/mabjournal.v49i1.1673>.

- Mohd-Azwan et al. (2021). Developing high performance Malaysia red tilapia through Marker Assisted Selection (MAS) technology. Kertas dibentangkan di MARDI Science & Technology Exhibition, Melaka, Feb 2020. Available at https://www.researchgate.net/publication/339198920_Developing_high_performance_Malaysia_Red_Tilapia_through_Marker_Assisted_Selection_MAS_Technology.
- Monir et al. (2020). Haemato-immunological responses and effectiveness of feed-based bivalent vaccine against *Streptococcus iniae* and *Aeromonas hydrophila* infections in hybrid red tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*). BMC Veterinary Research. 16, 226. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02443-y>
- Monir et al. (2022a). Effect of an oral bivalent vaccine on immune response and immune gene profiling in vaccinated red tilapia (*Oreochromis* spp.) during infections with *Streptococcus iniae* and *Aeromonas hydrophila*. Biology (Basel). 11(9):1268. <http://doi:10.3390/biology11091268>.
- Monir et al. (2022b). Feed-based bivalent vaccine upregulates expressions of immune-related genes in systemic and mucosal tissues of red hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) against *Streptococcus iniae* and *Aeromonas hydrophila*. Aquaculture International.30, 2641–2659. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00925-4>
- Muin et al. (2014). Replacement of rice bran with *Pleurotus florida* stalks on growth performance of *Oreochromis niloticus* fingerlings. Sains Malaysiana. 43(5):675-681.
- Muin et al. (2015). Effect of partial and complete replacement of fishmeal with mushroom stalk meal and soy bean meal on growth performance of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* fingerlings. Sains Malaysiana. 44(4): 511–516.
- Muin et al. (2017). Growth performance, feed utilization and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fed with different levels of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) maggot meal diet. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 16(2):567-577.
- Musa et al. (2009). Streptococcosis in red hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus*) commercial farms in Malaysia. Aquaculture Research. 40(5):630-632.
- Musa et al. (2012a). Massive mortality associated with *Streptococcus agalactiae* infection in cage-cultured red hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* in Como River, Kenyir Lake, Malaysia. Journal of Biological Sciences. 12:438-442.
- Musa et al. (2012b). Occurrence of *Plesiomonas shigelloides* in cultured red hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus*) from tropical rivers, east coast Malaysia. Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS. 15(12):600-603.
- Musa et al. (2017). High water temperature impairs physiological responses in red hybrid tilapia: effects on cortisol and its regulation. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation. 10(5):1297-1308.
- Musa et al. (2021). Prominent vulnerability of red hybrid tilapia (*Oreochromis* spp.) liver to heat stress-induced oxidative damage. International Aquatic Research. 13(2):109-118. <https://doi:10.22034/iar.2021.1924489.1140>.
- Musa et al. (2008). Quantitative comparisons of erythrocyte morphology in healthy freshwater fish species from Malaysia. Research Journal of Fisheries and Hydrobiology, 3(1): 32-35.
- Ng et al. (2001). The influence of a dietary lipid source on growth, muscle fatty acid composition and erythrocyte osmotic fragility of hybrid tilapia. Fish Physiology and Biochemistry. 25:301–310.
- Ng et al. (2002). Nutritive value of palm kernel meal pretreated with enzyme or fermented with *Trichoderma koningii* (Oudemans) as a dietary ingredient for red hybrid tilapia (*Oreochromis* sp.). Aquaculture Research, 33: 1199–1207.
- Ng et al. (2006). Palm oil-laden spent bleaching clay as a substitute for marine fish oil in the diets of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture Nutrition. 12:459–468.
- Ng dan Chong (2002). The nutritive value of palm kernel meal and the effect of enzyme supplementation in practical diets for red hybrid tilapia. Asian Fisheries Science. 15:167–176.
- Ng dan Wee. (1989). The nutritive value of cassava leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. Aquaculture. 83, 45-58.
- Ng dan Low (2005). Evaluation of spent bleaching clay from palm oil refining as a feed ingredient in the diets of red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp. Journal of Applied Aquaculture. 17:87–97.
- Nguyen et al. (2007). Can sexual dimorphism and body shape be altered in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by genetic means? Aquaculture, 272, 38-46.
- Nguyen et al. (2008). Modelling fillet yield based on body measurements in genetically improved farmed tilapia (GIFT) *Oreochromis niloticus*. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 12-14 October 2008, Egypt.
- Nguyen et al. (2010a). Correlated responses in fillet weight and yield to selection for high growth in genetically improved farmed tilapia (GIFT strain) *Oreochromis niloticus*. Aquaculture. 305:1-5.
- Nguyen et al. (2010b). Quantitative genetic basis of fatty acid composition in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) selected for high growth. Aquaculture 309:66-74
- Nguyen et al. (2017). Effects of genotype by environment interaction on genetic gain and genetic parameter estimates in red tilapia (*Oreochromis* spp.). Frontiers in Genetics. 8:1-9.
- Niera R. (2010). Breeding in aquaculture species: genetic improvement programs in developing countries. In: Vanderick, S., Bastin, C., Gengler, N (Eds). The Proceedings of the 9th world congress on genetics applied to livestock production. (pp. 1-8). FAO, Leipzig, Germany.
- Noor-Shahirah et al. (2018). Health examination of cultured red hybrid tilapia from Setiu marine pond farm Terengganu. Journal of Agro-Biotechnology. 9(1S):232-238.
- Noraini et al. (2013). Efficacy of spray administration of formalin-killed *Streptococcus agalactiae* in hybrid red tilapia. Journal of Aquatic Animal Health 25:142–148.
- Nurulnadia et al. (2018). Assessment of metals concentration in Tilapia (*Oreochromis* sp.) and estimation of daily intake by Malaysia. Malaysian Journal of Analytical Sciences. 22(4):594-604. <http://doi:10.17576/mjas-2018-2204-04>.
- NWGIAS (2014). National Working Group on Invasive Alien Species. National action plan for prevention, eradication, containment and control of aquatic invasive alien species in Malaysia. Department of Agriculture, Putrajaya, 40 pp.
- Orpi (2021). Production of tilapia worldwide and most important diseases. <https://www.veterinariadigital.com/en/articulos/production-of-tilapia-worldwide-and-most-important-diseases/>
- Perangkaan Perikanan Tahunan, Jabatan Perikanan Malaysia. <https://www.dof.gov.my/en/resources/fisheries-statistics-i/>.

- Petr (2000). Interactions between fish and aquatic macrophytes in inland waters. A review. FAO Fisheries Technical Papers 396.
- Pongthana et al. (2010). Comparative performance of four red tilapia strains and their crosses in fresh- and saline water environments. *Aquaculture*. 308, Supplement 1:S109-S114.
- Ponzoni et al. (2004). Selection for live weight in the GIFT strain of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: The Proceedings of the 6th International Symposium on Tilapia Aquaculture (ISTA), Philippines, 12 to 16 September 2004, pp.42-52.
- Ponzoni et al. (2005a). Live weight genetic parameters and response to selection in two production environments in the GIFT strain of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Proceedings of the 16th Conference of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics, Australia, 25-28 September 2005: 202-205. <https://eurekamag.com/research/004/447/004447832.php>
- Ponzoni et al. (2005b). Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 247:203-210.
- Ponzoni et al. (2008). Genetic improvement of Nile tilapia- present and future. In proceedings of the 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 1:33-52.
- Ponzoni et al. (2010). Inbreeding and effective population size in the Malaysian nucleus of the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 302:42-48.
- Ponzoni et al. (2011). Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to the work conducted by the WorldFish Center with the GIFT strain. *Reviews in Aquaculture*. 3: 27-41.
- Pradeep (2010). Aquatic chicken- The future perspective of tilapia in Malaysia. *Prospect Malaysia Magazine*. 14:52-56.
- Puzi et al. (2020). Antibiotic susceptibility and pathogenicity of *Aeromonas hydrophila* isolated from red hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis mossambicus*) in Malaysia. *Veterinary World*. 13(10):2166-2171. <https://doi:10.14202/vetworld.2020.2166-2171>.
- Rahmatullah et al. (2017). Isolation and pathogenicity of *Streptococcus iniae* in cultured red hybrid tilapia in Malaysia. *Journal of Aquatic Animal Health*. 29(4):208-213.
- Santos et al. (2012). Growth and survival rate of three genetic groups fed 28% and 34% protein diets. *Aquaculture Research*. 1–9. [doi:10.1111/j.1365-2109.2012.03233.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03233.x)
- Senawi et al. (2021). Application of sago (*Metroxylon Sagu*) starch in the diet of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) juveniles on nutrient digestibility and digestive enzymes. *Journal of Sustainability Science and Management*. 16(8):323-337.
- Shoemaker et al. (2017). Additive genetic variation in resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to *Streptococcus iniae* and *S. agalactiae* capsular type Ib: Is genetic resistance correlated? *Aquaculture*. 468:193-198.
- Swingle H.S. dan Moss D.D. (1969). Report of fish cultural investigations in the Federation of Malaysia. Auburn University. 16 pg
- Taweel et al. (2011). Heavy metals concentration in different organs of tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) from selected areas of Bangi, Selangor, Malaysia. *African Journal of Biotechnology*. 10(55):11562-11566
- Teichert-Coddington D.R. dan Green B.W. (1997). Experimental and commercial culture of tilapia in Honduras. In: Costa-Pierce BA. and JE Rakocy (Eds) *Tilapia Aquaculture in the Americas*. Vol. 1. (pp. 142–162). Baton Rouge, Louisiana: The World Aquaculture Society.
- Tee et al. (1997). Komposisi zat dalam makanan Malaysia. Edisi ke-4. Institut Penyelidikan Perubatan, Kementerian Kesihatan Malaysia.
- TFCRI (1959). Report for 1957-1959. Tropical Fish Culture Research Institute, Malacca
- TFCRI (1960). Report for 1959-1960. Tropical Fish Culture Research Institute, Malacca.
- Thakur et al. (2013). Effects of fertilization and feeding strategy on water quality, growth performance, nutrient utilization and economic return in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) ponds. *International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences*. 1(2):117-124.
- Thoa et al. (2017). Genetic variation and correlated changes in reproductive performance of a red tilapia line selected for improved growth over three generations. *Animal Reproduction Science*. 184:94-101.
- Thomas et al. (2021). Effect of salinity on growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and spinach (*Spinacia oleracea*) in aquaponic system using inland saline groundwater. *Aquaculture Research*. 1–11. <https://doi.org/10.1111/are.15492>.
- Towers (2005). <https://thefishsite.com/articles/tilapia-life-history-and-biology>
- Trewavas E. (1966). A preliminary review of fishes of the genus tilapia in the eastward-flowing rivers of Africa, with proposals for two new specific names. *Revue de Zoologie et de Botanique Africaines*. 74:394-424.
- United States Food and Drug Administration (USFDA). (2019).
- Wan Nooraida et al. (2022). Sensory evaluation of fillets from tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing oil palm lipids. *Journal of Oil Palm Research*. 34(1):177-183. <https://doi.org/10.21894/jopr.2020.0108>.
- Wan Norhana et al. (2019). A survey on Awareness and Acceptance of Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT). *Malaysian Fisheries Journal*. 18: 92-101.
- Wang et al. (2020). Effects of background adaptation on the skin color of Malaysian red tilapia. 521:735061. [doi:10.1016/j.aquaculture.2020.735061](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735061).
- Yong et al. (2018). Replacement of fishmeal in feather meal based diet and its effects on tilapia growth performance and water quality parameters. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*. 46(1):47-55.
- Yosef S. (2009). Rich food for poor people: Genetically improved tilapia in the Philippines. No 925, IFPRI discussion papers, International Food Policy Research Institute (IFPRI). <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/ifpridp00925.pdf>
- Zain et al. (2018). Effects of different dose of zeolite (Clinoptilolite) in improving water quality and growth performance of red hybrid tilapia (*Oreochromis* sp.). *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(24): 9421-9426.

Data pengeluaran tilapia dari tahun 1990 - 2020 di Malaysia (Sumber: Perangkaan Perikanan, Jabatan Perikanan Malaysia)

Tahun	Tan metrik		
	Tilapia merah	GIFT/tilapia hitam	JUMLAH
1990	944	200	1,144
1991	709	2,691	3,400
1992	1,486	3,146	4,632
1993	2,656	3,924	6,580
1994	4,459	3,969	8,427
1995	4,827	3,771	8,598
1996	6,898	4,138	11,036
1997	8,606	4,333	12,939
1998	8,125	4,374	12,499
1999	13,042	2,305	15,347
2000	15,363	2,894	18,257
2001	13,102	2,869	15,972
2002	18,955	2,311	21,266
2003	20,061	2,277	22,338
2004	21,459	3,919	25,377
2005	24,039	4,362	28,401
2006	23,438	5,449	28,887
2007	26,175	5,849	32,024
2008	26,340	8,294	34,634
2009	24,785	10,363	35,148
2010	29,014	9,629	38,643
2011	33,260	9,526	42,786
2012	38,842	12,713	51,555
2013	33,437	9,337	42,774
2014	31,203	4,145	35,348
2015	30,359	5,072	35,431
2016	26,281	9,715	35,996
2017	25,649	5,895	31,544
2018	25,200	5,940	31,140
2019	31,845	5,334	37,179
2020	28,009	5,394	33,404

Senarai pembekal makanan tilapia di Malaysia

Harga dan syarikat yang menghasilkan makanan ikan tilapia serta jenis makanan yang dihasilkan di Malaysia.

Nama Syarikat	ID	Jenis makanan	Harga per beg (RM)
Star Feedmills (M) Sdn. Bhd. (20 kg/beg)	TP-0	Pemula (Starter)	85.00
	TP-1	Pemula (Starter	78.00
	TP-2	Grower	75.00
	TP-3	Finisher	75.00
Cargill Feed Sdn. Bhd (Pelabuhan Barat) (20 kg/beg)	6103	Pre-starter	75.00
	6113 -S	Pemula (Starter	88.00
	6123	Grower	83.00
Dindings Soya & Multifeeds Sdn. Bhd (25 kg/beg)	9100	Nursery Feed	145.25
	9101	Nursery Feed	97.25
	9102	Nursery Feed	95.25
Dindings Soya & Multifeeds Sdn. Bhd (20 kg/beg)	9105	Nursery Feed	83.00
	9201	Premium Starter	73.00
	9201 - M	Premium Starter	73.00
	9201 - L	Premium Starter	73.00
	9202	Premium Grower	69.00
	9801	Multifeed - Starter	70.00
	9802	Multifeed - Grower	64.50
	9803	Multifeed - Finisher	62.50
Masterbite Aquafeed (20 kg/beg)	1	Pemula (Starter)	66.00
	2	Grower	62.00
	3	Starter- premium	67.00
	4	Grower- premium	65.00
Bintang - Raja Ikan	BT01	Pemula (Starter)	69.00
	BTE8	Grower	53.00
UP-Uni President	R7001	Tiada maklumat	85.00
	R7002	Tiada maklumat	75.00
	R7003	Tiada maklumat	75.00
	R7004	Tiada maklumat	75.00
Beaver Fisheries	BF002	Tiada maklumat	60.00
	BF003	Tiada maklumat	100.00

Nota: Harga ini diperolehi pada bulan Jun 2022 berdasarkan harga yang dipaparkan di laman sesawang



INSTITUT PENYELIDIKAN PERIKANAN (FRI)

11960 Batu Maung, Pulau Pinang.

TEL: (604) 626 3925 / 26

FAKS: (604) 626 2210

Website: www.dof.gov.my

<http://fri.dof.gov.my>