



PENYELIDIKAN BAKA IKAN DAN UDANG

INSTITUT PENYELIDIKAN PERIKANAN
2020

ISBN 978-967-15365-3-7



9 789671 536537

PENYELIDIKAN BAKA IKAN DAN UDANG

© Institut Penyelidikan Perikanan (FRI) Malaysia

Hak Cipta Terpelihara. Tidak dibenarkan mengeluarkan ulang mana-mana bahagian artikel, ilustrasi, dan isi kandungan buku ini dalam apa jua 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 publication 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 Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan

Diterbitkan oleh/Published by

INSTITUT PENYELIDIKAN PERIKANAN

Fisheries Research Institute (FRI)

11960 Batu Maung, Pulau Pinang

Tel: +604-6263925

Fax: +604-6262210

Website: www.fri.gov.my

Email: helpdesk@fri.gov.my

ISBN 978-967-15365-3-7

Pengarang

**Azhar Hamzah
Wan Norhana Noordin
Nik Haiha Nik Yusoff
Muhamad Zudaidy Jaapar
Siti Norita Mohamad
Shaharah Mohd Idris
Sufian Mustafa
Nik Daud Nik Sin
Zainoddin Jamari**

Kandungan

| Bab | Isi | Halaman |
|------------|---|----------------|
| | Perutusan Dato Ketua Pengarah Perikanan | 5 |
| | Kata-Kata Aluan Pengarah Kanan Penyelidikan | 6 |
| BAB 1 | Program Penyelidikan Baka Ikan dan Udang | 8 |
| | Peringkat-Peringkat Penyelidikan Baka | 11 |
| | Kaedah untuk Meningkatkan Produktiviti Ternakan | 12 |
| | Asas-Asas Genetik dalam Penyelidikan Baka | 16 |
| BAB 2 | Program Penyelidikan Baka | 22 |
| | Ikan Kerapu | 22 |
| | Ikan Siakap | 34 |
| | Udang Harimau | 44 |
| | Udang Galah | 51 |
| | Ikan Tilapia Merah | 59 |
| | Ikan Kelah | 70 |
| | Ikan Patin Buah | 78 |
| BAB 3 | Isu dan Cabaran, Perspektif Masa Hadapan | 84 |
| | Penutup | 86 |
| Lampiran | I: Data Pengeluaran Spesies Ikan dan Udang di Malaysia (2000-2018) | 87 |
| | 2: Contoh Anggaran Keperluan Induk dan Hasil Pengeluaran untuk Program 5 Tahun: | |
| | Ikan Kerapu | 88 |
| | Ikan Siakap | 89 |
| | Udang Harimau | 90 |
| | Udang Galah | 91 |
| | Ikan Tilapia Merah | 92 |
| | Ikan Kelah | 93 |
| | Ikan Patin Buah | 94 |

PERUTUSAN



Syukur ke hadrat Allah SWT kerana dengan izinNya hasrat untuk mendokumenkan aktiviti-aktiviti di bawah skop Penyelidikan Baka di bawah Projek Penyelidikan Pembangunan Akuakultur dan Pra-Pengkomersialan, Rancangan Malaysia ke-11 oleh Institut Penyelidikan Perikanan (FRI), Jabatan Perikanan Malaysia, khususnya FRI Pulau Sayak, FRI Glami Lemi dan FRI Tg Demong telah berjaya dilaksanakan. Pertama sekali saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kerana telah memberi peluang untuk memberikan sepatah dua kata dalam buku ini.

Seperti mana yang kita maklum, penyelidikan baka iakan dan udang perlu menjadi asas dan teras dalam perkembangan akuakultur. Pelaburan dalam program pembangunan baka serta pembiakbakaan di negara lain banyak yang telah berjaya membuahkan hasil yang sangat lumayan dalam industri akuakultur. Penyelidikan pembangunan baka di Malaysia mesti diteruskan untuk membangunkan trait-trait yang bagus bagi ikan dan udang. Penyelidikan baka adalah bidang kajian yang aktif tetapi cabarannya adalah multi disiplin. Justeru satu program penyelidikan yang bersepadu dan komprehensif adalah diperlukan untuk mencetus satu *game changer* dalam aktiviti akuakultur di Malaysia.

Matlamat utama penghasilan buku ini adalah untuk merekodkan usaha FRI, Jabatan Perikanan Malaysia dalam aktiviti pembangunan baka beberapa spesies ikan utama. Kandungan buku ini digarap untuk memberi gambaran ringkas tentang program pembangunan baka yang dijalankan, kepentingan, asas teori, tatacara serta maklumat sampingan mengenai spesies-spesies ternakan utama di Malaysia. Adalah menjadi harapan saya, agar buku ini dapat menarik minat pengusaha atau pelabur untuk menceburi bidang ini serta dapat menjadi sumber rujukan utama dalam bidang akuakultur di Malaysia. Akhir kalam, tahniah diucapkan kepada Pengurus Projek Penyelidikan Akuakultur RMK-11, penyelidik dan kakitangan kumpulan pelaksana yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam penerbitan buku ini.

DATO' HJ MUNIR BIN HAJI MOHD NAWI
KETUA PENGARAH PERIKANAN MALAYSIA

KATA-KATA ALUAN



Puji-pujian dan setinggi kesyukuran ke hadrat Allah S.W.T kerana dengan limpah kurniaNya, Buku Penyelidikan Baka ini berjaya diterbitkan. Penyelidikan dalam pembenihan dan teknologi ternakan beberapa spesies ikan seperti kerapu, siakap, jenahak, tilapia, udang galah dan udang harimau telah bermula di Institut Penyelidikan Perikanan (FRI) Jabatan Perikanan Malaysia semenjak RMK-8 lagi. Di dalam RMK11, penyelidikan diteruskan dengan Program Pembangunan Baka secara sistematik dan saintifik. Matlamat penerbitan buku ini adalah supaya semua maklumat dan kaedah yang digunakan dalam program ini direkodkan dengan sempurna supaya dapat dijadikan panduan dan rujukan untuk penyelidik akuakultur, penternak, pengurus perikanan, Pusat Pengembangan Akuakultur serta pelajar IPTA serta Kolej dan Akademi Perikanan di Malaysia. Buku ini mengandungi 3 bab utama iaitu; Pengenalan, Program Pembangunan Baka (ikan kerapu, siakap, tilapia merah, udang galah, udang harimau, kelah dan patin buah) serta akhir sekali Isu dan Cabaran serta Perspektif Masa Hadapan. Dalam bab terakhir buku ini, digariskan isu dan cabaran yang dihadapi serta cadangan-cadangan bagaimana penyelidikan dan penemuan-penemuan yang telah dihasilkan dalam RMK-11 patut digunakan dan ditambahbaik agar dapat membantu meningkatkan produktiviti akuakultur di Malaysia

Akhir kata, saya yang juga selaku Pengurus Projek Penyelidikan Pembangunan Akuakultur dan Pra-Pengkomersialan RMK-11 ingin mengucapkan syabas dan tahniah kepada semua penyelidik yang telah memberi sumbangan maklumat dan gambar-gambar berkaitan dengan penyelidikan pembangunan baka yang dijalankan semoga buku ini dapat menaikkan imej dan prestasi Jabatan amnya dan FRI khususnya sebagai peneraju penyelidikan perikanan. Adalah diharapkan program ini akan diteruskan dengan penambahbaikan dalam RMK-12.

DR ZAINODDIN JAMARI
PENGARAH KANAN PENYELIDIKAN

Ucapan Penghargaan

Penerbitan ini adalah salah satu output projek RMK-11 bertajuk Projek Penyelidikan dan Pembangunan Akuakultur dan Pra-Pengkomersialan Hasil Penyelidikan (22501037). Pertama sekali kami ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada pegawai-pegawai penyelidik dan kakitangan pelaksana dari FRI Pulau Sayak, FRI Glami Lemi, FRI Tg Demong dan FRI Gelang Patah khususnya Allahyarham En Badrulnizam Basri, Dr Saberi Mawi, En Hanan Mohd Yusof dan En Azmi Rani atas komitmen, sokongan dan bantuan yang telah dihulurkan dalam menjayakan penyelidikan ini. Terima kasih juga kepada Cik Noor Faizah Ismail, En Mohd Khairudin Mohamad serta Tn Syed Mohamad Azim Syed Mahiyuddin yang telah membantu dalam pencarian data dan analisis pendaratan spesies-spesies ikan dan udang di dalam buku ini. Kami juga ingin mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan kepada rakan kerjasama dari *Centre for Molecular Development and Validation* (CMDV), MARDI khususnya En Mohd Azwan Jaafar untuk kerja-kerja analisis molekul bagi pencirian genetik baka populasi asas spesies-spesies yang terlibat. Tidak lupa juga ucapan penghargaan ini ditujukan kepada Syarikat Zunaina, Syarikat Ain Aquaculture, Far East Enterprise, Aquatani Enterprise dan Jabatan Gedung Makanan FELDA yang telah sudi menjadi rakan kerjasama FRI dalam menilai prestasi baka yang telah dihasilkan di lapangan.

BAB 1: PENGENALAN

A. Program Penyelidikan Baka Ikan dan Udang

Definisi Baka

Baka menurut definisi Kamus Dewan membawa maksud sifat-sifat keturunan yang diwarisi pada benda hidup dan genetik. Secara khususnya baka sering digunakan dalam konteks haiwan bertujuan membezakan rupa luaran, sifat dalaman dan ciri-ciri lain antara haiwan yang sama spesies. Dalam bidang perikanan, baka ikan adalah merujuk kepada kumpulan individu ikan yang matang yang digunakan bagi tujuan pembiakbakaan dan ia adalah sumber asas yang diperlukan untuk pertumbuhan industri akuakultur.

Dalam konteks perbincangan semasa, Baka adalah asas keturunan yang merujuk kepada sifat fenotip dan genotip ikan yang boleh diwarisi untuk keturunan atau generasi seterusnya. Baka ikan merujuk kepada populasi ikan yang terpilih berdasarkan kepada ciri fenotip dan genotip tersebut. Ia dijadikan sebagai satu asas bagi merangka program pembangunan induk yang komprehensif menerusi pelan pembiakbakaan yang terancang.

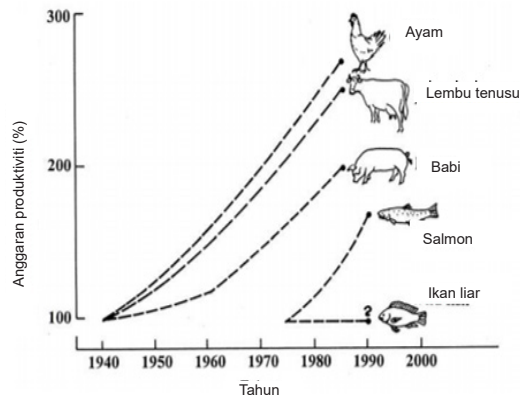
Penyelidikan Baka Secara Pembiakbakaan Selektif

Penyelidikan baka merujuk kepada pemilihan populasi asas yang menepati ciri fenotip dan genotip yang dikehendaki untuk melaksanakan program pembiakbakaan bagi menghasilkan baka yang lebih berkualiti. Program pembiakbakaan secara selektif antara kaedah yang boleh dilaksanakan bagi menghasilkan baka tersebut. Baka yang lebih berkualiti merujuk kepada peningkatan trait yang dikehendaki seperti cepat membesar, rintang penyakit, senang membiak, kemandirian tinggi serta warna yang menarik. Kaedah pemilihan ini tidak menghasilkan gen baru tetapi meningkatkan frekuensi gen untuk sesuatu trait yang dikehendaki dan pada masa yang sama mengurangkan frekuensi gen trait yang tidak penting. Oleh kerana banyak gen terlibat dalam mengawal sesuatu trait, kesan pemilihan akan dapat dilihat sebagai perubahan trait secara purata dalam populasi.

Pembangunan baka merupakan aktiviti penting yang telah lama dipraktikkan untuk haiwan daratan berbanding dengan ikan (Rajah 1). Ini disebabkan beberapa faktor yang menyebabkan program untuk ikan agak lambat dimulakan. Antaranya;

- biologi pembiakan yang kompleks,
- proses domestikasi yang memerlukan kemudahan infrastruktur yang mencukupi dan sumber air yang sesuai
- rangkaian pemakanan yang pelbagai mengikut peringkat umur dan spesies
- kos penjagaan ternakan yang tinggi

Program pembangunan baka memerlukan tempoh masa yang panjang dengan kos pelaksanaan yang tinggi. Namun sekiranya dijalankan dengan sistematik, program ini mampu menghasilkan strain yang berkualiti dan meningkatkan produktiviti ternakan dengan konsisten dan kekal.



Rajah 1: Sejarah program pembiakbakaan haiwan ternakan (Eknath *et al.*, 1991)

Program penyelidikan baka ikan yang sistematik mula dijalankan pada awal tahun 70an yang melibatkan pembiakbakaan ikan salmon di Norway. Kemudian dituruti dengan pembiakbakaan tilapia GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilapia*) di Filipina. Kini, program pembiakbakaan yang terancang telah dijalankan ke atas udang galah, ikan dan udang marin di banyak negara bagi meningkatkan trait-trait bernilai ekonomi seperti berat badan, panjang dan ketahanan terhadap penyakit (Jadual 1).

Jadual 1: Program pembiakbakaan yang dijalankan untuk spesies-spesies akuakultur

| Spesies | Peningkatan genetik (%) | Negara yang terlibat (Rujukan) |
|--------------------------------|-------------------------|---|
| Tilapia (<i>O. shiranus</i>) | 13-14 | Malawi (Maluwa & Gjerde, 2007) |
| Tilapia merah | 6 | Malaysia (Azhar <i>et al.</i> , 2017) |
| Tilapia merah | 6 | Thailand (Nguyen <i>et al.</i> , 2011) |
| Udang galah | 7-12 | India, Vietnam, Thailand, Indonesia, Malaysia (Azhar <i>et al.</i> , 2019) |
| Tilapia (GIFT) | 9-12 | Malaysia (Azhar <i>et al.</i> , 2014) Filipina (Eknath <i>et al.</i> , 1998) |
| Salmon | 8-10 | Norway (Neira <i>et al.</i> , 2006) |

Justifikasi Program

Berdasarkan Dasar Agromakanan Negara, (DAN) (2011-2020), sasaran hasil pengeluaran akuakultur (tidak termasuk kerang-kerangan) menjelang tahun 2020 adalah sebanyak 790 ribu tan metrik (tm). Sasaran ini meningkat sekali ganda menjelang tahun 2025 memandangkan anggaran peningkatan permintaan pengguna. Dijangkakan keperluan benih ikan/udang pada tahun 2020 adalah sebanyak 13.6 billion ekor dengan pertumbuhan pengeluaran tahunan adalah sebanyak 11.2%. Sasaran ini tidak akan tercapai jika tiada bekalan benih ikan yang berkualiti serta bebas penyakit secara konsisten di Malaysia.

Pada masa yang sama industri akuakultur di negara ini dibelenggu dengan pelbagai masalah termasuklah:

- Serangan penyakit,
- Pusat pengeluaran benih menggunakan induk yang tidak ditambahbaik dan berlaku *inbreeding*
- Bekalan benih yang tidak mencukupi,
- Bekalan benih yang berkualiti rendah, lambat membesar dan terbantut
- Bekalan benih yang tidak konsisten
- Kebergantungan kepada benih import
- Baka ikan yang tidak berkualiti
- Produktiviti rendah

Di Malaysia, pusat pembenihan masih banyak bergantung kepada induk liar bagi menghasilkan benih. Ini kerana terdapat spesies liar seperti udang galah, patin, sepat, haruan, lampam, udang harimau dan lain-lain yang masih boleh diperolehi dari perairan umum. Penggunaan induk liar tidak menjamin kualiti benih yang dihasilkan serta berisiko untuk penyakit merebak. Hanya sebahagian kecil pengusaha menggunakan induk-induk terpilih yang dihasilkan melalui pembiakbakaan. Ini mungkin disebabkan harga induk yang tinggi dan tidak mampu dibeli oleh pengusaha kecil dan sederhana. Harga induk yang tinggi bagi sesetengah spesies seperti udang putih adalah disebabkan bekalan yang terpaksa diimport dari luar negara.

Berikutan daripada masalah seperti yang dinyatakan, institusi penyelidikan awam dan pengusaha berskala besar perlu memainkan peranan untuk menjalankan program pembiakbakaan. Ini secara tidak langsung akan dapat mengurangkan kos dan kadar tukaran wang negara. Bagi menyokong industri akuakultur dan merealisasikan sasaran pengeluaran DAN (2011-2020), maka pelaksanaan program pembangunan baka ikan dan benih yang bebas penyakit terpilih (*Specific Pathogen Free (SPF)*, *Specific Pathogen Resistant (SPR)*) adalah salah satu aktiviti yang telah dilaksanakan. Benih adalah salah satu input paling kritikal dalam pembangunan akuakultur dan juga untuk pemulihan biodiversiti. Justeru penghasilan benih berkualiti adalah titik tolak kepada perkembangan industri dan dijangka dapat menyumbang kepada 15-30% peningkatan output dalam sistem ternakan yang sedia ada.

Program Penyelidikan Baka Ikan di Malaysia

Pada awal tahun 1980-an program pembangunan induk ikan siakap (*Lates calcarifer*), kerapu (*Epinephelus coioides*, *Epinephelus lanceolatus* dan *Epinephelus malabaricus*, *Epinephelus tauvina*), siakap merah (*Lutjanus argentimaculatus*) dan jenahak (*Lutjanus johnii*) telah dijalankan dengan mengumpul induk liar dan juga benih yang 'super-growth' di Pusat Pengeluaran dan Penyelidikan Ikan Laut, Tg. Demong, Besut, Terengganu (sekarang ini dikenali sebagai FRI Tg. Demong). Di bawah RMK-10, program ini ditambahbaik secara terancang dengan tumpuan kepada pembangunan baka. Untuk ikan air tawar pula, program pembangunan strain tilapia merah yang ditambahbaik daripada segi kandungan genetik juga telah dimulakan di Malaysia pada tahun 2006 di Pusat Penyelidikan Penyelidikan Ikan Air Tawar atau sekarang ini dikenali sebagai FRI Glami Lemi. Pendekatan yang digunakan adalah hampir sama dengan kaedah pembangunan GIFT yang dibangunkan oleh ICLARM atau kini dikenali sebagai WorldFish (Ponzoni et al., 2005).

Agenda pembangunan baka diteruskan dalam RMK-11 di bawah Projek Pembangunan Akuakultur dan Pra-Pengkomersialan. Ini adalah kerana program pembangunan baka adalah satu proses yang panjang dan perlu sentiasa ditambahbaik. Di bawah skop ini, FRI terpilih akan dijadikan Pusat Pembiakbakaan Nukleus (*Nucleus Breeding Center, NBC*) bagi spesies-spesies yang telah dikenalpasti seperti:

- FRI Tg Demong, Terengganu - Kerapu dan Siakap
- FRI Glami Lemi, Negeri Sembilan - Tilapia Merah, Patin Buah dan Kelah
- FRI Pulau Sayak, Kedah - Udang Galah, Udang Putih dan Udang Harimau

NBC akan bertindak membekalkan baka yang telah ditambahbaik kepada Pusat Pengandaan Baka (*Broodstock Multiplication Centre, BMC*) yang telah dikenalpasti samada dari pihak kerajaan (seperti Pusat Pengembangan Akuakultur) atau pun pusat pembenihan swasta. BMC tidak akan menghasilkan baka sendiri tetapi akan menerima baka terpilih dari NBC secara berkala. Induk akan ditukar setelah induk yang digunakan tidak lagi produktif. Program pembiakan perlu dijalankan secara sistematik di BMC untuk mengelak *inbreeding*.

Matlamat Program

Matlamat utama program adalah untuk membekalkan baka ikan yang berkualiti (cepat membesar dan sihat) untuk digunakan di dalam industri akuakultur secara konsisten dan dalam kuantiti yang mencukupi.

Objektif Program:

- Untuk meningkatkan kualiti telur dan sperma
- Untuk meningkatkan fekunditi,

- Untuk menghasilkan larva yang lebih kuat dan bebas-penyakit,
- Untuk mengelak *inbreeding*
- Untuk meningkatkan kualiti genetik benih

B. Peringkat-Peringkat Penyelidikan Baka

1. Perolehan stok asas (*founder stock*)

Populasi stok induk (100 hingga 200 ekor setiap populasi) daripada pelbagai lokasi akan dipilih dan dibawa balik ke hatcheri untuk dinilai kesesuaiannya untuk dijadikan stok asas. Dalam aktiviti ini, populasi stok yang mudah menyesuaikan diri dengan persekitaran tempatan dan menunjukkan variasi genetik yang tinggi mempunyai kelebihan untuk dipilih.

Di antara kriteria yang dipertimbangkan untuk pemilihan calon baka adalah:

- Ikan sihat dan bentuk badan normal
- Tiada luka-luka
- Tidak cacat
- Organ pembiakan yang matang
- Tumbesaran cepat

Pengecaman identiti stok melalui penganggaran jarak genetik (*genetic distances*) jujukan asid deoksiribonukleik (DNA) antara populasi merupakan kelebihan jika dapat dijalankan di permulaan pembentukan populasi asas. Ia dapat memberi gambaran berkaitan variasi genetik dan perkaitan di antara populasi-populasi berkenaan. Kaedah yang biasa digunakan ialah melalui penjujukan DNA mikrosatelit. Namun, ia bukanlah petunjuk utama berkaitan prestasi trait sesuatu populasi tersebut. Ini kerana perbezaan jarak genetik tidak bermaksud terdapat korelasi di antaranya dengan prestasi genotip yang dikaji (Gutierrez, 2002). Ini bermakna jika anggaran jarak genetik yang besar direkodkan, tidak bermaksud prestasi trait progeni yang dihasilkan daripada kacukan antara populasi turut tinggi. Oleh itu, ujian perbandingan strain yang betul perlu dijalankan bagi mengenalpasti dan memilih tiga atau empat populasi stok terbaik untuk trait yang diperlukan bagi dijadikan populasi asas (*base population*) di dalam sesuatu program pembiakbakaan.

2. Penilaian strain (*strain evaluation*)

Pembentukan populasi asas memerlukan strain-strain terbaik sahaja digunakan bagi menghasilkan peningkatan genetik dalam program pembiakbakaan. Dengan menggunakan populasi terbaik yang mempunyai variasi genetik yang besar, sesuatu program pembiakbakaan akan dapat memberi tindakbalas pemilihan (*selection response*) untuk jangka masa yang panjang. Program pembiakbakaan akan gagal jika variasi genetik populasi asas yang rendah dan masalah *inbreeding* yang tinggi semasa program dijalankan. Oleh itu, bilangan induk yang disyorkan adalah 50 hingga 250 ekor bagi setiap generasi. Bagi melaksanakan ujian perbandingan strain, progeni (benih) perlu dihasilkan dengan serentak bagi semua strain induk yang terlibat.

Benih-benih tersebut perlu diasuh secara berasingan sehingga mencapai saiz yang sesuai untuk penandaan (*tagging*) setiap strain. Penandaan benih dilakukan samada melalui penggunaan alat penanda (*PIT tag*, *floy tag*, *VIE tag*) atau secara *fin clipping* untuk mengenalpasti setiap strain. Contohnya 1,000 ekor benih daripada setiap strain ditanda dan semuanya dilepaskan ke dalam kolam atau tangki sehingga mencapai saiz induk. Sebaik-baiknya ujian ternakan dibuat di dalam pelbagai sistem ternakan yang biasa digunakan oleh penternak. Semasa tuaian, data (berat, panjang, jantina) setiap ekor ikan akan direkodkan untuk dianalisa. Hanya 3 atau 4 populasi strain terbaik akan dipilih untuk dijadikan populasi asas sesuatu program pembiakbakaan.

3. Pembentukan populasi asas

Penghasilan populasi asas dilakukan secara kacukan diallel dimana induk-induk daripada strain yang terpilih tersebut akan dikacuk seperti jadual 2 di bawah. Sekurang-kurangnya sepuluh pasang induk terlibat dalam setiap kombinasi kacukan bagi menghasilkan famili progeni. Dalam jadual 2 tersebut 160 famili akan dapat dihasilkan jika setiap kacukan menghasilkan 10 famili. Ini memberikan kelebihan kepada program yang akan dilaksanakan kerana variasi genetik yang tinggi membolehkan program ini bertahan dalam jangka masa panjang dan *inbreeding* dapat dikawal. Heterosis akan dianggarkan berdasarkan data prestasi ternakan benih (seperti berat badan) bagi menilai keberkesanan kacukan (*crossbreed*) berbanding benih asli (*purebreed*). Famili-famili yang terbaik seterusnya akan dipilih untuk menghasilkan generasi baru melalui mana-mana kaedah (pemilihan famili, pemilihan individu atau kombinasi pemilihan famili dan individu) yang sesuai dan mampu dilaksanakan.

Jadual 2: Kacukan *full diallel* 4 strain induk terpilih untuk menghasilkan populasi asas program pembiakbakaan.

| Kacukan diallel strain terpilih | | Induk betina | | | |
|---------------------------------|---|--------------|----|----|----|
| | | A | B | C | D |
| Induk jantan | A | AA | AB | AC | AD |
| | B | BA | BB | BC | BD |
| | C | CA | CB | CC | CD |
| | D | DA | DB | DC | DD |

C. Kaedah untuk Meningkatkan Produktiviti Ternakan

Terdapat pelbagai kaedah untuk meningkatkan produktiviti ternakan akuakultur. Contohnya, melalui pengurusan dan pengolahan makanan, peningkatan sistem ternakan dan penggunaan benih berkualiti yang cepat membesar dan rintang penyakit. Antara teknik yang ditumpukan untuk penghasilan benih berkualiti adalah melalui program pembiakbakaan terpilih (*selective breeding*), penghasilan hibrid dan kejuruteraan genetik.

1. Pembiakbakaan terpilih

Pemilihan induk dan kacukan merupakan kaedah tradisional yang telah lama digunakan untuk meningkatkan produktiviti produk pertanian seperti jagung, padi dan gandum. Dalam kaedah pemilihan, proses menukarkan genotip sesuatu populasi dengan genotip yang lebih baik (Fredeen, 1986) yang seterusnya meningkatkan produktiviti spesies ternakan (Gjedrem, 1998, 2000; Hulata, 2001). Dalam teknik ini, nilai genotip (*breeding value*) sesuatu populasi ditingkatkan dengan memilih dan mengacukkan ikan terbaik (lebih besar, lebih berat, warna yang menarik dan lain-lain trait yang diperlukan) dengan harapan supaya induk yang terpilih berupaya memindahkan kelebihan traitnya kepada benih yang dihasilkan. Proses ini tidak menghasilkan alel yang baru tetapi menggalakkan penyusunan alel yang memberi kesan yang lebih baik serta menyingkirkan alel yang kurang diperlukan.

Pengetahuan berkaitan *heritability* dan korelasi antara trait-trait yang dipilih adalah penting. Parameter-parameter ini boleh memberi anggaran nilai genotip individu-individu yang dipilih serta tindakbalas pemilihan (*selection response*) (Ponzoni et al., 2005). Penambahbaikan genetik akan berhasil jika terdapat variasi fenotip yang dapat diwarisi. Pemilihan akan menjadi efektif apabila terdapatnya kuantiti variasi genetik aditif (*breeding value*) yang ketara. Kaedah pemilihan yang utama dipraktikkan adalah pemilihan individu, pemilihan keluarga dan kombinasi pemilihan individu dan keluarga. Dalam akuakultur, program pemilihan lebih ditumpukan kepada peningkatan trait tumbesaran iaitu berat kerana ia mempengaruhi harga pasaran.

i. Kaedah-kaedah pemilihan

Terdapat 3 kaedah pemilihan iaitu:

- Pemilihan individu (*Mass selection*)
- Pemilihan famili (*Family selection*)
- Gabungan pemilihan individu dan famili (*Combine selection*)

Kebaikan dan kelemahan untuk ketiga-tiga kaedah ini disenaraikan dalam Jadual 3 di bawah.

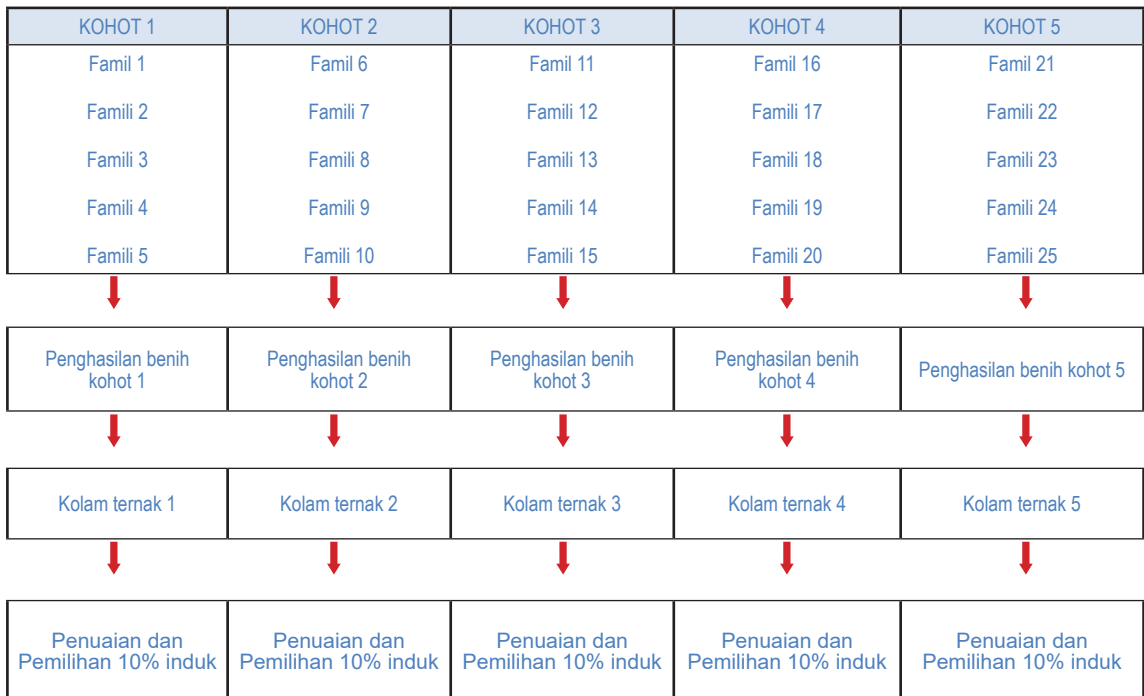
Jadual 3: Kaedah pemilihan serta kelebihan dan kelemahan

| Kaedah | Kelebihan | Kelemahan |
|---|--|---|
| <p>Pemilihan individu (<i>Mass selection</i>)</p> <p>Kaedah dimana individu-individu terbaik dalam populasi dipilih sebagai induk untuk menghasilkan benih. Benih-benihnya pula akan ditenak sehingga matang dan dipilih sekali lagi berdasarkan trait tumbesaran terbaik untuk menghasilkan generasi berikutnya. Salah satu contoh kaedah ini ialah pemilihan kohot.</p> | <p>Mudah dilaksanakan, tidak perlu penandaan benih, penyimpanan rekod mudah, tidak perlu kemudahan yang banyak dan kos rendah.</p> | <p>Tidak bertahan untuk jangkamasa yang panjang dan risiko <i>inbreeding</i> yang tinggi.</p> |
| <p>Pemilihan Famili (<i>Family selection</i>)</p> <p>a. Pemilihan antara famili Nilai purata trait setiap famili akan ditentukan dan disenaraikan berdasarkan nilai terbaik (<i>ranking</i>). Famili-famili yang berada di kedudukan terbaik akan dipilih manakala famili-famili yang tidak terpilih akan dimusnahkan.</p> <p>b. Pemilihan dalam famili Kaedah pemilihan dalam famili dijalankan dengan memilih individu-individu terbaik dari setiap famili. Tiada famili yang dihapuskan. Penandaan atau tagging dipraktikkan bagi mengenalpasti famili-famili berbeza.</p> | <p>Pemilihan antara famili dijalankan apabila heritabiliti tinggi dan pengaruh persekitaran antara famili adalah rendah. Boleh bertahan untuk jangkamasa lebih panjang berbanding kaedah pemilihan individu.</p> <p>Semua famili digunakan dan tiada yang dimusnahkan. Boleh bertahan untuk jangkamasa lebih panjang berbanding kaedah pemilihan individu.</p> | <p>Memerlukan tenaga dan kemudahan yang banyak untuk permbiakan, asuhan dan ternakan famili, perlu proses penandaan benih (<i>tagging</i>) dan kos tinggi berbanding kaedah pemilihan individu.</p> |

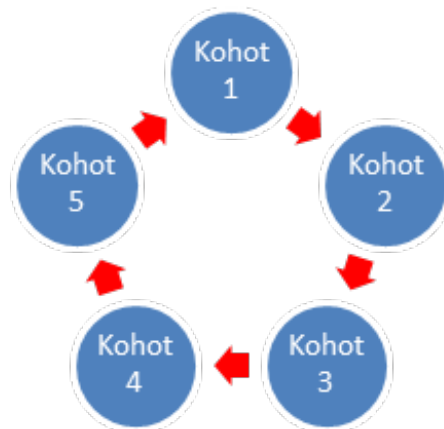
| | | |
|--|--|---|
| <p>Gabungan pemilihan individu dan famili (<i>Combine selection</i>)</p> <p>Kaedah ini menggabungkan kedua-dua teknik pemilihan individu dan famili. Dalam teknik ini famili-famili dan individu-individu terbaik daripada famili tersebut akan dipilih. Dengan kata lain pemilihan famili dijalankan terlebih dahulu diikuti pemilihan individu dalam famili ke atas famili-famili yang terpilih tersebut. Dengan cara ini semua individu yang tak terpilih akan dibuang atau dihapuskan</p> | <p>Kaedah paling berkesan dan dapat bertahan lebih lama berbanding kaedah pemilihan individu dan famili. Peningkatan genetik lebih tinggi dan mapan.</p> | <p>Kaedah ini memerlukan penandaan setiap individu bagi mengenalpasti identitinya setiap satu. Ini bertujuan mengelakkan masalah inbreeding semasa kacukan untuk menghasilkan generasi baru. Contohnya individu jantan bertanda dengan nombor 1 dari famili A dikacukkan dengan individu betina bertanda nombor 5 dari famili D. Dengan cara ini kacukan antara famili yang ada pertalian rapat dapat dielakkan bagi mengurangkan risiko inbreeding. Ketepatan rekod pembiakan dan ternakan diperlukan. Perlu kemahiran analisa data genetik kuantitatif yang baik. Memerlukan tenaga dan kemudahan yang banyak untuk permbiakan, asuhan dan ternakan famili, perlu proses penandaan benih (<i>tagging</i>) dan kos tinggi.</p> |
|--|--|---|

ii. Contoh kaedah pemilihan

Pemilihan secara kohot merupakan kaedah yang mudah dilaksanakan oleh pengusaha pusat pembiakan. Kaedah ini melibatkan gabungan beberapa famili terpilih sebagai satu kohot. Beberapa kohot akan dibentuk dimana setiap satunya mengandungi 5 atau 6 famili. Benih akan dihasilkan daripada setiap kohot dan diasuh serta dternak secara berasingan mengikut kohot di dalam tangki atau kolam berlainan. Di akhir tempoh ternakan, 10% daripada ikan yang menunjukkan tumbesaran terbaik daripada setiap kohot akan dipilih untuk dijadikan induk (Rajah 2). Bagi menghasilkan generasi berikutnya, induk jantan daripada setiap kohot akan dikacuk dengan induk betina daripada kohot yang berbeza (Rajah 3).



Rajah 2: Kaedah pembangunan induk secara pemilihan kohot



Rajah 3: Kacukan kohot untuk menghasilkan generasi berikutnya

Kacukan di antara kohot berlainan bertujuan mengurangkan kadar *inbreeding*. Contohnya induk jantan kohot 1 dikacukkan dengan induk betina kohot 2, induk jantan kohot 2 dengan induk betina kohot 3 dan seterusnya. Walaupun kaedah ini mudah dilaksanakan, keberkesannya adalah tinggi dan dapat mengawal masalah *inbreeding* sehingga 5 atau 6 generasi.

iii. Pembangunan teknologi dalam program pembiakbakaan terpilih

Pada awal tahun 50an, haiwan liar terutamanya haiwan daratan seperti lembu, kuda, kambing, babi dan ayam telah dijinakkan melalui proses domestikasi untuk tujuan ternakan (Diamond & Jared, 2012). Haiwan-haiwan yang telah menyesuaikan diri dengan persekitaran terkawal kemudiannya dibiakkan untuk tujuan ternakan. Pengetahuan berkaitan biologi pembiakan pelbagai spesies haiwan ini telah membantu perkembangan pesat aktiviti ternakan hingga kini. Walaubagaimanapun, penyelidik dan penternak mendapati produktiviti ternakan semakin menurun setelah tempoh tertentu. Ini mungkin disebabkan masalah *inbreeding* pada masa tersebut. Maka kajian berkaitan pengurusan induk dan proses pembiakbakaan terpilih telah dilaksanakan. Indeks pemilihan (*selection index*) telah diperkenalkan pada akhir tahun 50an dimana haiwan ternakan akan dipilih berdasarkan skor indek trait tertentu yang diukur untuk dijadikan baka (Villanueva & Kennedy, 1993). Dengan kaedah ini, pemilihan induk yang mencapai skor tertinggi indek dijalankan untuk meningkatkan prestasi ternakan. Kini, kaedah pembiakbakaan terpilih telah ditambahbaik melalui penggunaan teknologi moden bagi mencapai objektif lebih cepat dan berkesan.

Pada tahun 70an, penjujukan DNA untuk mengenalpasti jujukan gen trait bernilai ekonomi untuk spesies-spesies haiwan ternakan telah dijalankan. Jujukan gen yang ditentukan di makmal melalui kaedah tertentu bertujuan mengenalpasti variasi genetik sesuatu spesies untuk proses pemilihan induk bagi menghasilkan generasi berikutnya (Robledo, 2018). Teknologi ini yang pesat berkembang pada tahun 80an telah membolehkan pengenalpastian struktur genetik (*genome*) lengkap sesuatu spesies. Antara yang telah dijalankan di Malaysia adalah projek kajian genom siapak (Adura, 2005).

Pada tahun 90an hingga kini, aplikasi penanda genetik (*genetic marker*) digunakan dalam penentuan trait terbaik individu untuk dipilih sebagai induk sejak ia masih di peringkat benih lagi. Antara pendekatan yang digunakan adalah kaedah pemilihan berasaskan penanda genetik (*marker assisted selection*), *single nucleotide polymorphism* (SNP) dan pemilihan genomik (*genomic selection*) (Nguyen, 2016; FAO, 2019)

2. Penghasilan hibrid

Penghasilan hibrid adalah kaedah untuk menghasilkan benih berkualiti dengan menjalankan kombinasi kacukan antara populasi induk berbeza. Ia telah banyak menghasilkan kejayaan walaupun hasil daripada kacukan adalah sukar untuk dijangka. Terdapat dua jenis kacukan untuk menghasilkan hibrid:

i. Kacukan antara strain berbeza tetapi sama spesies (intraspesifik)

Kajian kacukan intraspesifik ikan rainbow trout telah berjaya menghasilkan ikan yang cepat membesar (Ayles & Baker, 1983, Linder et al., 1983). Hines et al. (1974) melaporkan bahawa kacukan ikan kap telah berjaya meningkatkan ketahanannya terhadap penyakit.

ii. Kacukan antara spesies berbeza (interspesifik)

Kacukan interspesifik telah dicuba ke atas pelbagai spesies ikan ternakan tetapi hanya memberikan keputusan positif yang terhad. Penghasilan populasi tilapia monosek merupakan salah satu contoh kejayaan proses ini melalui beberapa kombinasi kacukan antara spesies (Wohlfarth & Hulata, 1981). Bagi meningkatkan produktiviti ternakan patin, kajian penghasilan hibrid telah berjaya dilakukan di Malaysia (Okomoda et al., 2017). Dalam industri ternakan ikan marin, ikan kerapu hibrid yang dihasilkan melalui kacukan kerapu kertang dan kerapu harimau (Ch'ng & Senoo, 2008) merupakan contoh ikan hibrid yang berjaya meningkatkan pengeluaran ternakan di negara ini. Kini, kerapu hibrid adalah komoditi utama yang dihasilkan oleh penternak berikutan tumbesarnya yang cepat dan tahan penyakit serta mendapat permintaan harga yang baik daripada dalam dan luar negara. Walaupun hibrid yang dihasilkan mampu meningkatkan produktiviti ternakan ia tidak sesuai dijadikan induk kerana kebanyakan hibrid tidak boleh mengeluarkan benih (mandul) dan jika adapun benih yang dihasilkan akan mati di peringkat awal.

3. Kejuruteraan genetik

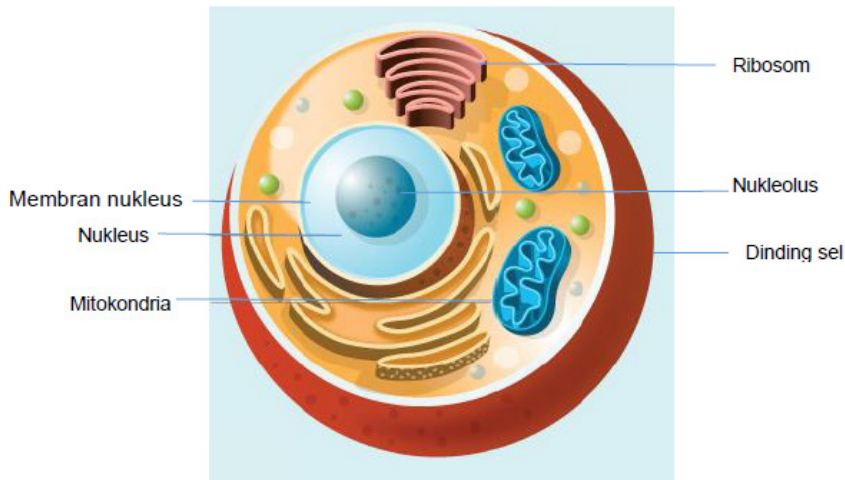
Kejuruteraan genetik adalah merujuk kepada manipulasi ke atas DNA sesuatu organisma untuk merubah fenotip tertentu. Manipulasi gen ini termasuklah samada menukarkan satu pasangan bes, membuang satu rangkaian gen atau menambah masuk gen dari organisma lain ke dalam rantaian DNA sedia ada melalui perantaraan atau vektor, suntikan mikro, pemindahan sperma dan lain-lain. Individu yang menerima gen asing inilah yang disebut sebagai transgenik atau *Genetically Modified Organism* (GMO). Kaedah begini semakin mendapat perhatian untuk meningkatkan trait-trait bernilai ekonomi ternakan seterusnya menghasilkan baka. Kelebihan teknik ini ialah peningkatan trait boleh dicapai lebih cepat berbanding teknik pemilihan induk tetapi mendapat tentangan dan kebimbangan pengguna untuk menjadikan produk-produk GMO sebagai makanan yang selamat.

Contoh teknologi kejuruteraan genetik dalam sektor akuakultur adalah pemindahan gen hormon tumbesaran ke dalam ikan untuk memperolehi ikan yang cepat membesar (Moav et al., 1992), ikan *super* yang mempunyai produktiviti tinggi. Kenaikan dalam kadar tumbesaran boleh mencecah 200-600% bergantung kepada spesies, struktur gen dan teknik pemindahan gen yang dilakukan. Selain daripada itu, melalui kaedah ini juga ikan boleh mengeluarkan asid lemak omega-3 yang lebih tinggi yang boleh mendatangkan keuntungan tambahan kepada industri akuakultur. Kajian juga telah dibuat bagi menghasilkan ikan yang mandul, ikan yang tahan suhu sejuk (melalui penambahan gen anti beku) (Hew et al., 1996), monosek, tahan kemasinan serta rintang terhadap penyakit tertentu.

D. Asas-Asas Genetik dalam Penyelidikan Baka

Struktur sel

Sel merupakan unit asas kehidupan. Ia terdiri daripada struktur seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4. Fungsi sel dikawal oleh nukleus dimana terletaknya DNA. DNA merupakan rantaian panjang berpasangan yang membentuk kromosom. Pada rantai DNA inilah terletaknya unit-unit gen yang membawa maklumat genetik yang berkaitan dengan fungsi-fungsi yang spesifik. Dalam menjalankan fungsinya, DNA menyampaikan maklumat untuk menghasilkan protein dimana ciri-ciri fenotip trait dapat dilihat atau diukur pada sesuatu organisma seperti warna, berat, panjang, bentuk badan dan sebagainya.



Rajah 4: Struktur asas sel

Beberapa istilah yang biasa digunakan dalam program pembiakbakaan adalah seperti berikut;

- i. Fenotip (P) – sifat fizikal atau trait yang boleh dilihat atau diukur pada individu
- ii. Genotip (G) – bahan genetik yang menentukan trait individu
- iii. Persekitaran (E) – persekitaran yang boleh mempengaruhi fenotip

Penampilan fenotip ditentukan melalui kombinasi genotip dan persekitaran seperti formula di bawah;

$$P = G + E$$

'P' merupakan trait kuantitatif atau kualitatif yang boleh dilihat pada individu. Dalam akuakultur kebanyakan penternak menumpukan kepada 'E' iaitu dengan cara meningkatkan kualiti makanan, mengoptimumkan kepadatan ternakan, menjaga kualiti air, menjalankan pengurusan ternakan yang efisien, menyesuaikan kedalaman air dan sistem ternakan untuk meningkatkan produktiviti trait (P). Manakala dalam pembiakbakaan, 'G' dan 'E' diambil kira dan dikaji untuk meningkatkan trait (P).

Pemilihan individu yang mempunyai 'G' yang baik (atau disebut breeding value) akan dapat menghasilkan benih yang mempunyai trait yang berkualiti dalam keturunan yang berikutnya.

iv. Trait kualitatif- sifat fenotip yang boleh dilihat tetapi tidak boleh diukur (diskrit) seperti warna, jantina dan corak sisik.

v. Trait kuantitatif- sifat fenotip yang boleh diukur seperti berat, panjang, lebar, bilangan telur dan nisbah pertukaran makanan (Food Conversion Ratio, FCR). Biasanya trait ini dikawal oleh banyak gen dan juga dipengaruhi persekitaran.

Adalah penting untuk meningkatkan kedua-dua trait tersebut dalam aktiviti akuakultur kerana trait kuantitatif yang baik meningkatkan jumlah hasil tuaian manakala trait kualitatif yang ditingkatkan dapat menarik minat pengguna terhadap hasil tuaian yang dijual.

vi. Heritabiliti (h^2)– anggaran keupayaan induk mewariskan sifat atau trait kepada progeni generasi berikutnya. Anggaranannya dibuat dengan membandingkan varian genotip ke atas fenotip seperti rumusan di bawah;

$$P = G + E$$

$$V_p = V_g + V_e \text{ dimana } V = \text{varian}$$

Maka

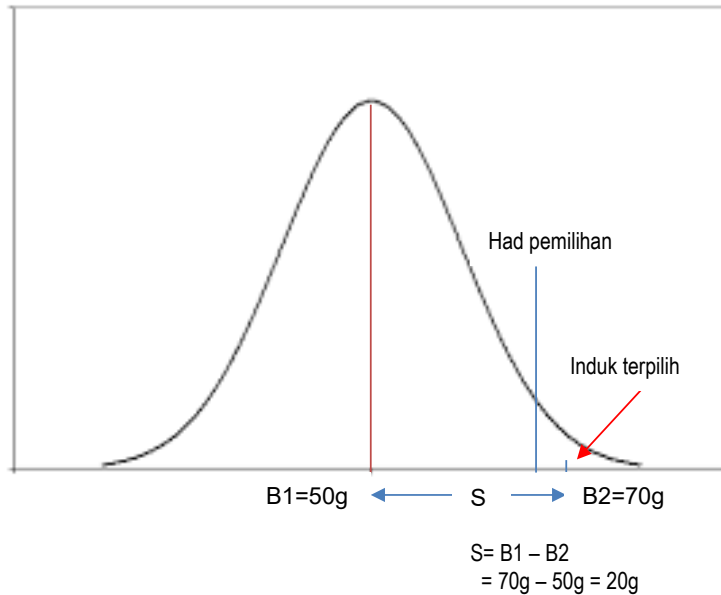
$$h^2 = V_g/V_p \text{ (heritabiliti asas)}$$

Oleh kerana $V_G = V_A + V_D + V_I$; dimana V_A = varian additif
 V_D = varian dominan
 V_I = varian epistasis (diabaikan)

Maka

$$h^2 = V_A/V_p \text{ (heritabiliti tepat)}$$

vii. Tindakbalas pemilihan - peningkatan trait pada populasi generasi berikutnya yang disebabkan oleh pemilihan induk.

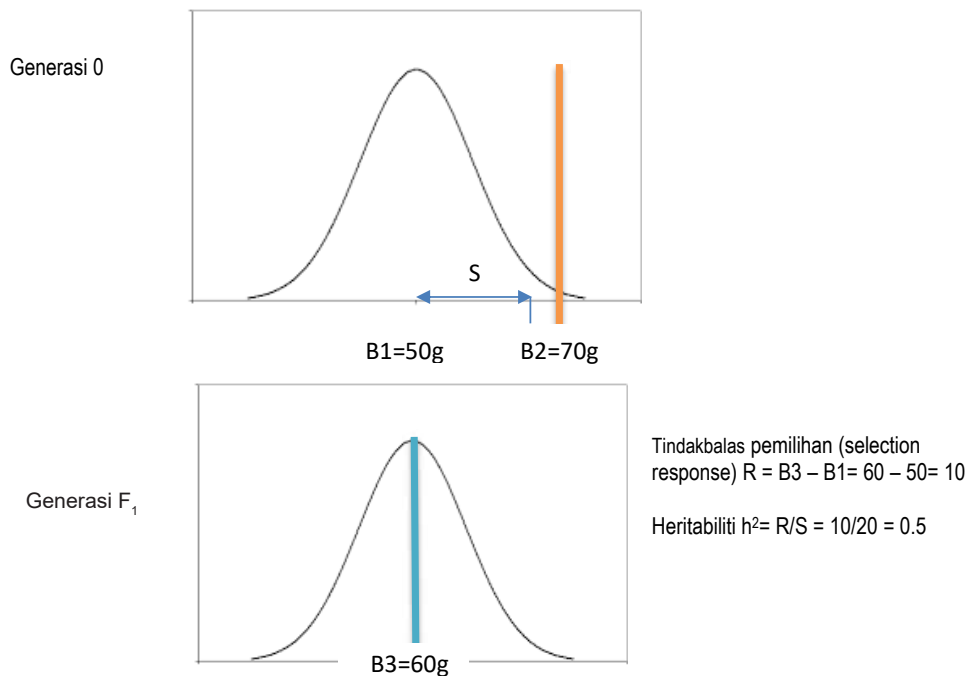


B1= berat purata populasi

B2= berat purata induk terpilih

S= nilai beza pemilihan (selection differential) iaitu kelebihan fenotip induk terpilih berbanding purata berat populasi.

Rajah 5: Pemilihan induk dalam populasi berasaskan berat badan



Rajah 6: Tindakbalas pemilihan dan anggaran heritabiliti

Induk-induk yang terpilih (F_0) daripada populasi ini akan menghasilkan benih (F_1) untuk ditanam. Setelah mencapai saiz matang, generasi F_1 ini dituai dan pemilihan induk dijalankan berdasarkan berat badan (10% individu terbaik daripada populasi) sepertimana dilakukan ke atas F_0 . Seterusnya, generasi F_2 dihasilkan daripada induk-induk F_1 yang terpilih tersebut. Tindakbalas pemilihan atau peningkatan genetik untuk berat badan setiap generasi dapat dianggarkan seperti diterangkan di dalam rajah 3 di atas.

Bagi memastikan kadar *inbreeding* yang rendah dan terkawal, saiz populasi perlulah besar dan mencukupi di setiap generasi. Formula di bawah digunakan untuk menganggarkan saiz populasi (bilangan individu keseluruhan) yang sesuai berdasarkan bilangan induk jantan dan betina yang dipilih.

$$N_e = \frac{4N_f N_m}{(N_f + N_m)}$$

dimana;

N_e = saiz populasi yang efektif

N_f = induk betina yang terpilih

N_m = induk jantan yang terpilih

Nilai N_e yang paling minimum adalah 100 individu bagi memastikan kadar *inbreeding* berada pada aras 1%.

Rujukan

Adura MA. 2005. Application of molecular biotechnology and management of sea bass (*Lates calcarifer*). UKM E-Science Fund Project, Ministry of Science, Technology & Innovation.

Azhar H, Wagdy M, Khaw HL, Nguyen NH, Yee HY, Khairul Rizal AB, Siti Azizah MN, Ponzoni RW. 2014. Performance of the Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT) strain over ten generations of selection in Malaysia. *PERTANIKA Journal of Tropical Agricultural Science*, 37(4), 411-429.

Azhar H, Ngo PT, Nguyen NH. 2017. Genetic analysis of a red tilapia (*Oreochromis spp.*) population undergoing three generations of selection for increased body weight at harvest. *Journal of Applied Genetics* DOI 10.1007/s13353-107-0411-8.

- Azhar H, Badrulnizam B and Balton M. 2019. Selective breeding of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*): Status and potential for aquaculture in Malaysia. Fisheries Research Seminar, 24-26 November, Glami Lemi, N. Sembilan, Malaysia.
- Ayles GB, Baker RF. 1983. Genetic differences in growth and survival between strains and hybrids of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) stocked in aquaculture lakes in the Canadian prairies. *Aquaculture* 33, 269-280.
- Ch'ng CL and Senoo S. 2008. Egg and larval development of a new hybrid grouper, tiger grouper *Epinephelus fuscoguttatus* x giant grouper *E. lanceolatus*. *Aquaculture Sci.* 56 (4), 505-512.
- Dasar Agromakanan Negara (DAN) 2011 – 2020, Kementerian Pertanian & Industri Asas Tani Malaysia.
- Diamond J. 2012. "1". In Gepts, Paul (ed.). *Biodiversity in Agriculture: Domestication, Evolution, and Sustainability*. Cambridge University Press. p. 13.
- Eknath AE, Bentsen HB, Gjerde B, Tayamen MM, Abella TA, Gjedrem T and Pullin RSV. 1991. Approaches to national fish breeding programs: Pointers from tilapia pilot study. NAGA, The ICLARM Quarterly No 723:10-12.
- Eknath AE, Dey MM, Rye M, Gjerde B, Abella TA, Sevilleja RA, Tayamen MM, Reyes RA, Bentsen HB. 1998. Selective breeding of Nile tilapia for Asia. Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production Armidale, Australia, vol. 27, pp. 89–96.
- FAO 2019. Genome-based biotechnologies in aquaculture. Rome, Italy.
- Gjedrem T. 2005. Selection and Breeding Programs in Aquaculture. Springer, Netherlands.
- Gutierrez OA, Basu S, Saha S, Jenkins JN, Shoemaker DB, Cheatham CL and McCarty JC. 2002. Genetic Distance among Selected Cotton Genotypes and its Relationship with F Performance. *Crop Science*, 42(6), 1841. doi:10.22135/cropsci2002.1841
- Hew CL and Thornhill Fletcher GL. 1996. Transgenic salmonid fish expressing exogenous salmonid growth hormone. United State Patent 5545808.
- Hines RS, Wohlfarth GW, Moav R and Hulata G. 1974. Genetic differences in susceptibility to two diseases among strains of the common carp. *Aquaculture* 3, 187-197.
- Linder D, Sumari O, Nyholm K, Sirkkomaa S. 1983. Genetic and phenotypic variation in production traits in rainbow trout strains and strain crosses in Finland. *Aquaculture* 33, 129-134.
- Maluwa AO, Gjerde B. 2007. Response to selection for harvest live weight of *Oreochromis shiranus*. *Aquaculture* 273, 33-41.
- Moav B, Z.J Liu, Y. Groll and PB Hackett. 1992. Selection of promoters for gene transfer into fish. *Molec. Mar. Biol. and Biotechnol.* 1: 338-345.
- Nguyen NH, Ponzoni RW, Pongthana N, Azhar H., Yee HY. 2011. Genetic improvement programs for red tilapia *Oreochromis* spp in Asia. The Annual International and Exposition of World Aquaculture Society, 6-10 June, Natal, Brazil.
- Neira R, Diaz NF, Gall AE, Gallardo JA.,Lhorente JP and Manterola R. 2006. Genetic improvement in Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). I: Selection response and inbreeding depression on harvest weight. *Aquaculture*, 257, 9-17.
- Nguyen NH. 2016. Genetic improvement for important farmed aquaculture species with a reference to carp, tilapia and prawns in Asia: achievements, lessons and challenges. *Fish and Fisheries* Vol 7(2), 483-506.
- Okomoda, V.T, Koh, I.C.C. & Shahreza M.S. 2017. First report on the successful hybridization of *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) and *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Zygote* 25, pp. 443-452. Cambridge University Press.
- Ponzoni RW, Azhar H, Tan S, Kamaruzzaman N. 2005. Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 247, 203–210.
- Robledo D, Palaiokostas C, Bargelloni L, Martinez P and Houston R. 2018. Applications of genotyping by sequencing in aquaculture breeding and genetics. *Reviews in Aquaculture* 10, 670–682.

Tave D. 1995. Selective breeding programmes for medium-sized fish farms. FAO Fisheries Technical Paper 352. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, Italy.

Villanueva B and Kennedy BW. 1993. Index versus tandem selection after repeated generations of selection. *Tag. Theoretical and Applied Genetics. Theoretische Und Angewandte Genetik.* **85** (6–7): 706–12.

Wohlfarth GW and Hulata G. 1981. Applied genetics of tilapias. ICLARM Studies and Review 6. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 1-26.

BAB 2: PROGRAM PENYELIDIKAN BAKA

Ikan Kerapu

Latarbelakang

Kerapu (Grouper) merupakan kumpulan ikan di bawah Famili Serranidae yang terdiri daripada hampir 75 genera (75) dengan kira-kira 530 spesies di bawah 3 subfamili iaitu Anthiinae, Epinephelinae dan Serraninae (Nelson, 2006; Wiley & Johnson, 2010). Genus Epinephelinae sahaja mempunyai 15 genera dengan 159 spesies dan merupakan kelompok utama dalam industri akuakultur terutamanya genus Epinephelus, Plectrophomus dan Cromilaptes. Secara umumnya ikan kerapu dikenali sebagai ikan berbadan besar (boleh mencecah 3.0 m panjang dan 400 kg berat), bermulut luas dan suka bersendirian di kawasan dasar laut.

Ikan kerapu adalah salah satu ikan makan utama. Ternakan ikan kerapu adalah sektor penting dalam portfolio pengeluaran akuakultur di banyak negara, terutamanya Asia dan merupakan punca sara hidup utama penternak kecil dan besar di pesisir pantai. Jumlah pengeluaran ikan kerapu dunia pada tahun 2015 adalah sekitar 155,000 tan metrik (tm) bernilai USD 630 juta dengan China, Taiwan dan Indonesia menyumbang sebanyak 65%, 17% dan 11% daripada jumlah pengeluaran dunia (FAO, 2017). Ikan kerapu dianggap sebagai spesies bernilai tinggi dan mempunyai potensi yang besar untuk menyumbang kepada pembangunan ekonomi negara. Terdapat sejumlah 47 spesies kerapu yang telah cuba dan sedang diternak termasuk sekurang-kurangnya 15 kerapu hibrid (Rimmer & Glamuzina, 2019).

Di Malaysia, ikan kerapu merupakan salah satu komoditi penting selepas ikan merah dan ikan siakap putih. Spesies ikan kerapu yang popular di Malaysia ialah kerapu hijau (*Epinephelus coioides*), kerapu harimau (*E. fuscoguttatus*), kerapu tikus (*Cromileptes altevelis*) kerapu sunoh (*Plectrophomus sp*) dan kerapu hibrid (Mohd Fariduddin et al. 2017).

Habitat dan Biologi Ikan Kerapu

Ikan kerapu merupakan spesies ikan demersal yang terdapat di perairan tropika dan subtropika. Ikan kerapu kebanyakannya mendiami di terumbu karang berbatu dan juga hutan bakau air payau. Juvenil boleh didapati di kawasan dasar rumpai laut yang cetek. Sementara itu benih dewasa mendiami kawasan tanah liat berpasir yang mempunyai fenomena pasang surut. Kebanyakan ikan kerapu dewasa mendiami perairan dengan kedalaman kurang dari 100 m.

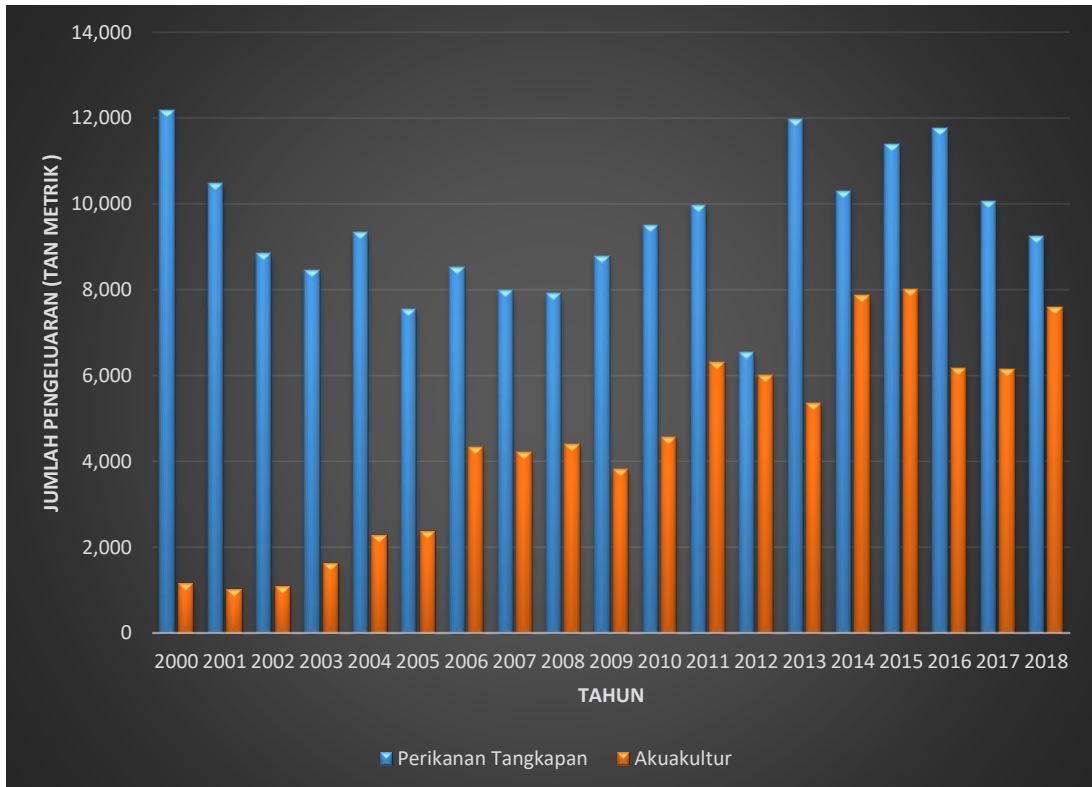
Ikan kerapu merupakan ikan pemangsa dan kebanyakan adalah kanivorus. Makanan utama adalah ikan, krustasea dan cephalopoda. Ikan kerapu adalah protogynous hermaphrodite dimana kematangan awal adalah betina dan bertukar kepada jantan bila mencapai saiz tertentu.

Telur ikan kerapu adalah transparan dan berukuran 0.70-1.20 mm diameter. Panjang keseluruhan larva yang baru menetas berukuran 1.60-1.85 mm dan mempunyai kantung simpanan makanan yang bertahan selama 3 hari. Bukaannya berlaku pada hari kedua selepas ditetaskan dan pada hari ketiga larval perlu mendapatkan makanan untuk kesinambungan hidupnya. Larval bergerak mengikut arus dan makanan awal terdiri daripada spesies rotifer dan kopepod yang terdapat di dalam air. Pada hari ke 25 selepas ditetaskan ikan kerapu mempunyai sirip dan pigmen badan yang jelas. Pada ketika ini kerapu juvenil mula berenang ke dasar cetek untuk mencari makanan. Ikan kerapu mula matang bila berusia 3-4 tahun dalam persekitaran yang berkemashinan 30-34 ppt dengan suhu 30°C.

Statistik Pengeluaran Ikan Kerapu di Malaysia

Rajah 1 menunjukkan pola pengeluaran ikan kerapu di Malaysia dari tahun 2000 hingga 2018 daripada kedua-dua aktiviti perikanan tangkapan dan akuakultur. Jumlah pendaratan ikan kerapu daripada perikanan tangkapan dan akuakultur pada tahun 2018 adalah sebanyak 16,827.08 tm yang bernilai lebih kurang RM 806 juta.

Pada tahun 2000 jumlah pengeluaran ikan kerapu daripada aktiviti akuakultur ialah sebanyak 1,156.81 tm berbanding perikanan tangkapan sebanyak 12,174 tm iaitu dengan nilai sumbangan 8.7% daripada jumlah keseluruhan pengeluaran di Malaysia. Senario pada tahun 2018 menunjukkan pengeluaran ikan kerapu daripada akuakultur (7583.08 tm, 45% daripada jumlah pengeluaran) hampir menyamai sumbangan daripada perikanan tangkapan (9,244 tm, 55% dari jumlah pengeluaran). Dari tahun 2000, secara umumnya corak pengeluaran ikan kerapu daripada perikanan tangkapan boleh dikatakan turun naik. Pengeluaran paling tinggi adalah pada tahun 2000 (12,174 tm) dan kemudiannya merosot perlahan-lahan sehingga 2005 dan naik kembali perlahan-lahan sehingga 2011 dan merosot mendadak dalam tahun 2012 dengan pendaratan paling sedikit dalam tempoh 18 tahun iaitu sebanyak 6,536 tm. Corak pendaratan kekal turun naik selepas 2012-2018. Pengeluaran daripada sektor akuakultur adalah paling rendah pada tahun 2000 iaitu hanya sekitar 1,026.86 tm. Namun pengeluaran daripada akuakultur selepas tahun 2000 adalah positif dengan peningkatan sederhana tahun demi tahun dengan sedikit turun naik.



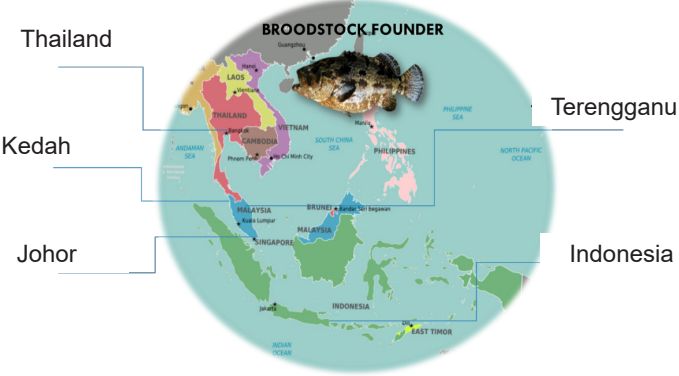

Rajah 1: Pengeluaran ikan kerapu dari aktiviti perikanan tangkapan dan akuakultur di Malaysia dari tahun 2000-2018

Program Penyelidikan Baka Ikan Kerapu

Memandangkan kerapu adalah ikan makan yang popular, permintaan terhadapnya ikan kerapu sentiasa tinggi. Pengeluaran kerapu hibrid dijangka akan meningkat disebabkan ia cepat membesar dan mempunyai permintaan yang baik di dalam dan luar negara. Justeru akuakultur ikan kerapu yang mampan layak diperkembangkan dengan lebih jauh. Program pembiakbakaan ikan kerapu di FRI Tg. Demong telah dimulakan pada tahun 2008. Sebelum itu, FRI Tg. Demong telah memulakan kerja-kerja penyelidikan dan pembangunan teknologi pembenihan dan ternakan ikan kerapu semenjak tahun 1986 dengan membawa masuk 54 ekor induk kerapu hijau (*E. coioides*) dari sangkar Laguna Setiu, Terengganu. Walau bagaimanapun aktiviti ini terhenti sekitar tahun 1993. Tahun 1998 kajian pembenihan kerapu harimau dimulakan kembali dengan penggunaan makanan hidup daripada subklas kopepoda iaitu *Acartia sp.* yang menghasilkan

pengeluaran benih kerapu harimau yang lebih stabil dan konsisten. Pada tahun 2006 kajian morfologi larval kerapu harimau dijalankan dan penggunaan rotifer yang bersaiz kecil dapat mengatasi masalah makanan awal. Dengan kejayaan penghasilan benih kerapu harimau di FRI Tg. Demong, pada tahun 2008 kajian penghibridan kerapu pula dimulakan di FRI Tg. Demong dan berjaya mengeluarkan benih. Pada tahun yang sama kerjasama penyelidikan bersama Institut Agro-Biotechnology (ABI), Serdang, Malaysia dan institusi pengajian tinggi awam telah dilaksana bagi meningkatkan maklumat tentang pembenihan kerapu dalam hatcheri. Pembangunan induk kerapu harimau secara sistematik bermula pada tahun 2016 di bawah RMK-11.

Langkah-langkah dalam Program Pembiakbakaan

| | |
|--|---|
| <p>Pemilihan induk untuk penyediaan stok asas (F_0)</p> | <p>Stok induk asas kerapu harimau diperolehi dari 5 lokasi yang berbeza iaitu dari Indonesia, Thailand, Terengganu, Kedah dan Johor. Sebanyak 200 ekor induk dibawa masuk untuk program pembangunan induk kerapu. Induk dipilih berdasarkan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • jantina, • tiada kecacatan, • tiada kecederaan fizikal • mempunyai berat badan yang sesuai (3-8 kg). <p>Induk yang terpilih dibawa ke FRI Tg. Demong untuk di kuarantin selama 2 minggu sebelum dipindahkan ke hatcheri.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Pemilihan induk asas dari sangkar penternak di Johor</p> |
|--|---|

Penyaringan genetik populasi asas



Pengambilan cebisan sirip untuk penentuan jarak genetik antara stok asas

Jadual 1: Jarak genetik antara progeni yang dihasilkan melalui kacukan induk secara *half dialle*

| LOCATION | Kedah | Thailand | Johor | Terengganu | Indonesia |
|------------|--------|----------|--------|------------|-----------|
| Kedah | ***** | ***** | ***** | ***** | ***** |
| Thailand | 0.1107 | ***** | ***** | ***** | ***** |
| Johor | 0.3311 | 0.3817 | ***** | ***** | ***** |
| Terengganu | 0.2110 | 0.2187 | 0.3622 | ***** | ***** |
| Indonesia | 0.2981 | 0.2291 | 0.1118 | 0.1881 | ***** |

Hasil dari kajian genetik yang dijalankan menunjukkan gabungan induk asas yang terbaik adalah dari

- Johor x Kedah
- Johor x Thailand
- Terengganu x Johor

Dan yang mempunyai nilai jarak genetik yang rendah adalah gabungan induk dari:

- Thailand x Kedah
- Indonesia x Johor

Domestikasi induk asas

Induk yang telah dikuarantin dibawa masuk ke dalam tangki konkrit 100 m³. Setiap populasi induk dimasukkan dalam tangki yang berbeza mengikut tempat perolehan. Setiap individu induk diberi nombor pengenalan dengan memasukan *PIT tag* di bawah kulit.

Maklumat berat badan, panjang keseluruhan dan jantina direkodkan.

Induk-induk diurus mengikut SOP yang dibangunkan oleh FRI Tg Demong.

Kadar pertukaran air adalah melebihi 200%/hari dengan secara aliran terus. Pengudaraan diberikan berterusan.

Kadar pelepasan induk adalah antara 2-4 kg/m³ air ternakan.

Makanan ikan segar diberikan mengikut kadaran 1-2% daripada berat badan. Makanan diberikan 3 kali seminggu setelah tangki dibersihkan terlebih dahulu. Makanan diperkayakan dengan vitamin campuran dan minyak ikan.

Pemantauan penyakit dibuat 2 kali seminggu bagi memastikan status kesihatan.



Pemeriksaan status ikan kerapu harimau dalam tangki 100 m³



Pengesanan nombor pengenalan *PIT*

Aktiviti peneluran

Penghasilan telur melalui aruhan hormon untuk menjalankan pembenihan silang yang diperlukan. Induk betina yang dipilih disuntik dengan hormon pembiakan Human Chorionic Gonadotropin (HCG). Abdomen ikan diurut perlahan-lahan untuk mengeluarkan telur. Spermia dari induk jantan yang terpilih dicampur dengan telur. Sejumlah 30 famili diperolehi dari kacukan populasi dengan kaedah *half diallel*.



Induk kerapu harimau matang sedia untuk disuntik dengan HCG



Pengambilan sperma induk jantan yang terpilih



Telur diurut keluar perlahan lahan



Proses pencampuran telur dan sperma untuk persenyawaan

**Aktiviti Pembenuhan
(1 - 40 hari)**

Telur yang dihasilkan dari persenyawaan famili yang berbeza dimasukkan dalam tangki pembenuhan yang berasingan. Tangki konkrit yang bersaiz 6 m³ digunakan dengan anggaran pengeluaran benih 2,000-5,000 ekor/tangki. Makanan hidup dan algae dimasukkan untuk keperluan larva. Setelah benih mencapai umur 35 – 40 hari (1.5-2.0 cm) penuaian dibuat. Benih ikan seterusnya dipindahkan ke dalam tangki asuhan gentian kaca berisipadu 500 L.



Penuaian larva dalam tangki benih



Pindah ke tangki asuhan

Jadual 2: Pengurusan tangki dan regim pemakanan larval ikan kerapu

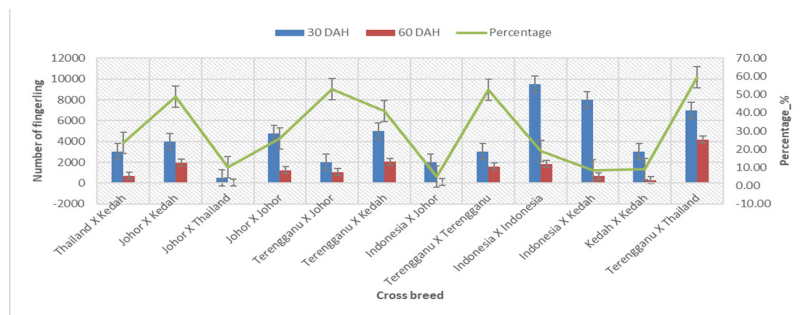
| DAH (hari) | 1---3 | -----10 | -----14 | -----20 | -----30 | -----40 |
|-----------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Pertukaran air (%) | 10 | 15 | 20 | | 50 | |
| Bersih | | | | | | |
| Lantai (sifon) | | | | | *-----* | |
| Air hijau | ----- | | | | | |
| Rotifer SS | ----- | | | | | |
| Rotifer S | | ----- | | | | |
| Rotifer L | | | ----- | | | |
| Artemia | | | | ----- | | |
| Makanan Rumusan | | | | ----- | | |
| Penuaian benih (1.8-2.0 sm) | | | | | | -----* |

Aktiviti asuhan 1
(Pemilihan pertama)

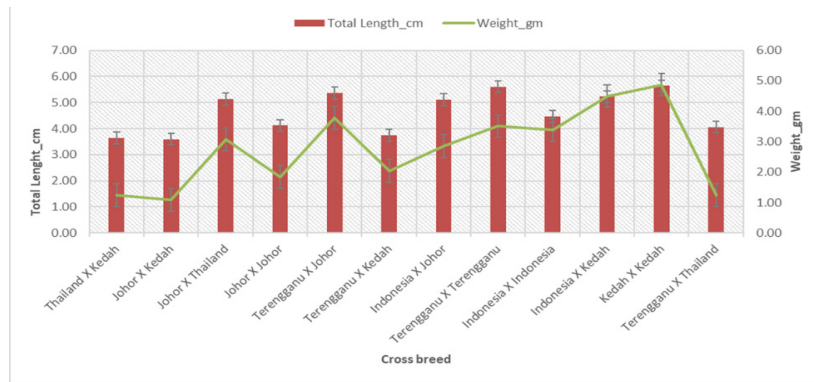
Setiap tangki diisi dengan sejumlah 1,000 ekor benih ikan.
 Pengkelasan benih dibuat seminggu sekali atau bergantung kepada keseragaman benih. Biasanya kanibalisma berlaku lebih tinggi pada saiz 2.0-7.5 cm. Kebanyakan kematian benih berlaku diperingkat ini.
 Kadar pelepasan benih dikurangkan dalam tangki dari masa ke semasa sehingga 300 ekor/tangki bila saiz mencapai 7.5 - 10.0 cm.
 Benih disampel bila mencapai umur 60 hari (2.5 – 5.0 cm).
 Pada masa ini pemilihan pertama dilakukan. Kira-kira 10%–20% (500-1000 ekor) daripada populasi ikan dengan tumbesaran yang normal dan tumbesaran yang cepat dipilih untuk kajian seterusnya.



Asuhan peringkat pertama



Rajah 2: Kadar hidup benih baka generasi pertama F_1 dari 30 hari selepas ditetaskan sehingga 60 hari selepas ditetaskan



Rajah 3: Prestasi tumbesaran benih kerapu harimau

Gabungan pembenihan induk asas dari Indonesia dan Johor menunjukkan kecacatan pada bahagian sirip kaudal, dorsal dan rahang. Ini terjadi hampir kepada 80% stok benih yang diperolehi.



Ikan kerapu yang cacat

Keputusan kajian kadar kanibalisma benih generasi pertama mendapati induk dari gabungan induk asas yang terbaik ialah

1. Johor x Kedah (50% kemandirian)
2. Terengganu x Johor (54% kemandirian)
3. Terengganu x Terengganu (54% kemandirian)
4. Terengganu x Thailand (60% kemandirian)

Jika dibandingkan dengan strain atau baka yang lain kemandirian adalah kurang daripada 20%. Walaupun pengeluaran benih dari gabungan induk Indonesia x Indonesia, Indonesia x Kedah dan Kedah x Kedah adalah tinggi tetapi kadar kanibalism juga tinggi ini dapat dilihat dari graf prestasi tumbesaran benih menunjukkan perkaitan berat-panjang adalah tidak normal.

Sehingga kini terdapat 28 famili kerapu harimau berjaya dihasilkan dengan jumlah kira-kira 3,000 ekor generasi pertama. Kebanyakan benih yang dihasilkan adalah pada tahun 2018. Pada awal RMK-11, tumpuan aktiviti adalah untuk pemulihan pusat pembenihan dan pengenalpastian kaedah yang sesuai untuk pembenihan kerapu harimau dalam tangki.

Asuhan ke 2 (Pemilihan kedua)

Setelah benih-benih tadi mencapai umur 150 hari pemilihan ke-2 dibuat untuk pemilihan baka induk.

Sejumlah 150 ekor dipilih iaitu 50 ekor "normal growth" dan 100 ekor "fast growth" dari setiap famili.

Persampelan panjang keseluruhan dan berat dibuat pada setiap individu. Bakal-bakal induk ini kemudian di tanda dengan *PIT tag* di bawah kulit.

Kajian prestasi tumbesaran dijalankan dalam sangkar sehingga mencapai 10 bulan.

Persampelan dibuat 2 bulan sekali dan jumlah makanan yang diberikan direkod. Cerapan kualiti air dijalankan seminggu sekali.



Asuhan peringkat kedua setelah mencapai umur 150 hari



Nombor pengenalan dimasukkan di bawah kulit

Kajian kadar tumbesaran dalam sangkar



Kajian kadar tumbesaran dalam sangkar

Setelah mencapai 10 bulan kajian, semua bakal induk diukur berat dan panjang. Ikan yang mempunyai kadar tumbesaran yang terbaik dipilih untuk dijadikan sebagai induk generasi pertama (F_1).

Jadual 3: Prestasi benih baka (F_1) dari famili yang terbaik

| Kacukan Induk Asas | Terengganu x Thailand | Terengganu x Johor | Johor x Thailand | Terengganu x Terengganu | Johor x Kedah |
|----------------------------|-----------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------------|
| Berat awal (g) | 71.65±6.61 | 96.79±12.12 | 228.81±106.74 | 159.67±46.80 | 316.13±16.50 |
| Berat akhir(g) | 392.35±5.29 | 467.97±13.19 | 767.92±7.66 | 609.19±64.33 | 585.58±93.02 |
| Pertambahan berat (g) | 320.7±1.32 | 371.19±1.06 | 539.11±114.40 | 449.52±17.53 | 269.44±76.52 |
| Pertambahan berat (%) | 449.61±43.33 | 386.48±47.30 | 277.47±179.44 | 292.49±74.76 | 84.71±19.78 |
| Kadar pertumbuhan (g/hari) | 1.2±0.01 | 1.42±0.00 | 1.95±0.41 | 1.69±0.07 | 1.02±0.29 |
| Unit SGR (%/hari) | 4.37±0.02 | 4.40±0.02 | 4.70±0.19 | 4.51±0.01 | 4.19±0.14 |
| FCR | 2.86±0.11 | 3.15±0.32 | 7.23±1.53 | 3.96±1.69 | 4.07±1.55 |
| Kemandirian (%) | 94.43±0.44 | 95.12±6.90 | 96.43±5.05 | 98.44±1.69 | 92±9.43 |
| Tempoh ternakan (Hari) | 266 | 266 | 266 | 266 | 266 |

Hasil Program

Hasil daripada program ini, FRI Tanjung Demong telah berjaya membangunkan premis hatcheri kerapu yang diiktraf sebagai hatcheri MyGAP. Ianya merupakan hatcheri ikan laut milik kerajaan yang pertama mendapat pengiktirafan untuk rujukan industri.

Sepanjang kajian pembangunan induk kerapu harimau tahun 2016 – 2019, sejumlah lebih 300 juta telur kerapu harimau atau hibrid berjaya dikeluarkan. Ianya telah digunakan oleh institusi penyelidikan dan pihak industri sebanyak 30 juta dan 100 juta, masing-masing setiap satunya. Sebahagian besar telur yang dihasilkan dimanfaatkan bagi aktiviti program pelepasan umum di perairan laut sekitar Besut, Terengganu.

Program pembiakbakaan yang dijalankan di FRI Tanjung Demong dalam RMK-11 telah berjaya menghasilkan 28 famili generasi pertama dengan jumlah induk baka 3,000 ekor yang bersaiz 1kg – 2kg. Sebanyak 3,656 baka bersaiz antara 100gm – 500 gm telah diagihkan kepada industri. Program ini berpotensi untuk terus dijalankan memandangkan variasi genetik populasi kerapu harimau yang dikaji masih tinggi.

Rujukan

FAO 2017. FishStatJ, a Tool for Fishery Statistics Analysis. FAO Fisheries and Aquaculture Department, FIPS - Statistics and information, Rome.

Mohd Fariduddin O, Mazuki H, Yeo MI and Amal MNA. 2017. Transforming the Aquaculture Industry in Malaysia. *World Aquaculture* 48(2):16-23.

Nelson J.S. 2006. *Fishes of the World*. 4th edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Rimmer MA and Glamuzina B. 2019. A review of grouper (Family Serranidae: Subfamily Epinephelinae) aquaculture from a sustainability science perspective. *Review in Aquaculture* 11(1), 58-87.

Wiley EO and Johnson GD. 2010. A teleost classification based on monophyletic groups. In J.S. Nelson, H.-P. Schultze & M.V.H. Wilson (eds.), *Origin and Phylogenetic Interrelationships of Teleosts*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, Germany: 123-182.

Perangkaan Perikanan Tahunan, Jabatan Perikanan Malaysia. 2000 -2018. Boleh didapati di laman web <https://www.dof.gov.my/index.php/pages/view/82>

Ikan Siakap

Latarbelakang

Ikan Siakap (Asian Sea Bass, *Lates calcarifer* (Bloch 1790)) adalah antara ikan rekreasi dan komersial yang utama di perairan tropika Australasia dan negara-negara Asia yang bersempadan dengan Lautan Hindi (Jerry, 2014). Ikan siakap terletak di bawah Famili Latidae as yang mengandungi 3 genera penting iaitu Psammoperca, Hypopterus dan Lates. *L. calcarifer* dikenali dengan pelbagai nama tempatan, termasuk barramundi (Australia), plakapong (Thailand), koduva (Sri Lanka), siakap (Malaysia dan Indonesia), pandugappa/chonak (India) dan apahap (Philippines) (FAO, 2011). Ikan siakap adalah salah satu ikan makanan yang penting dan disebabkan nilai komersial yang tinggi, ia merupakan spesies pilihan untuk ditanam terutama di Negara Asian dan Australia. Memandangkan bekalan benih dari sumber liar tidak mencukupi maka akuakultur ikan siakap bergantung kepada pengeluaran benih secara pukal dari hatcheri. Ini tidak berapa menimbulkan masalah kerana ikan siakap bertelur secara semulajadi dalam kurungan (Toledo et al. 1991) serta boleh diaruhkan untuk bertelur melalui manipulasi hormon atau persekitaran sebagai alternatif.

Antara kebaikan siakap putih sebagai ikan pilihan untuk akuakultur:

- Spesies yang lasak secara relatif serta tahan kesesakan
- Mempunyai toleransi fisiologi yang luas
- Ikan betina mempunyai fekunditi yang tinggi justeru mampu menjadi bekalan benih kepada pusat pembenihan
- Pengeluaran benih yang agak ringkas
- Terima makanan rumusan
- Siakap cepat membesar dan boleh mencapai saiz yang boleh dituai (350 g – 3 kg) dalam 6 bulan hingga dua tahun.

L. calcarifer telah berjaya dibiakkan dalam kurungan semenjak 1973 (Barnabe, 1995), diikuti dengan pengenalan meluas untuk peningkatan perikanan dan akuakultur di merata tempat merentasi Asia dan Australia dalam masa 4 dekad yang lepas. Di Malaysia, kajian tentang pengeluaran benih ikan siakap putih telah dimulakan oleh Institut Penyelidikan Perikanan dalam tahun 1982 (Ali, 1987). Ternakan ikan siakap dalam sangkar terapung bermula sekitar tahun 1980an dan kemudiannya dikomersialkan pada pertengahan tahun 1990an (Hussin et al., 1996).

Habitat dan biologi ikan siakap

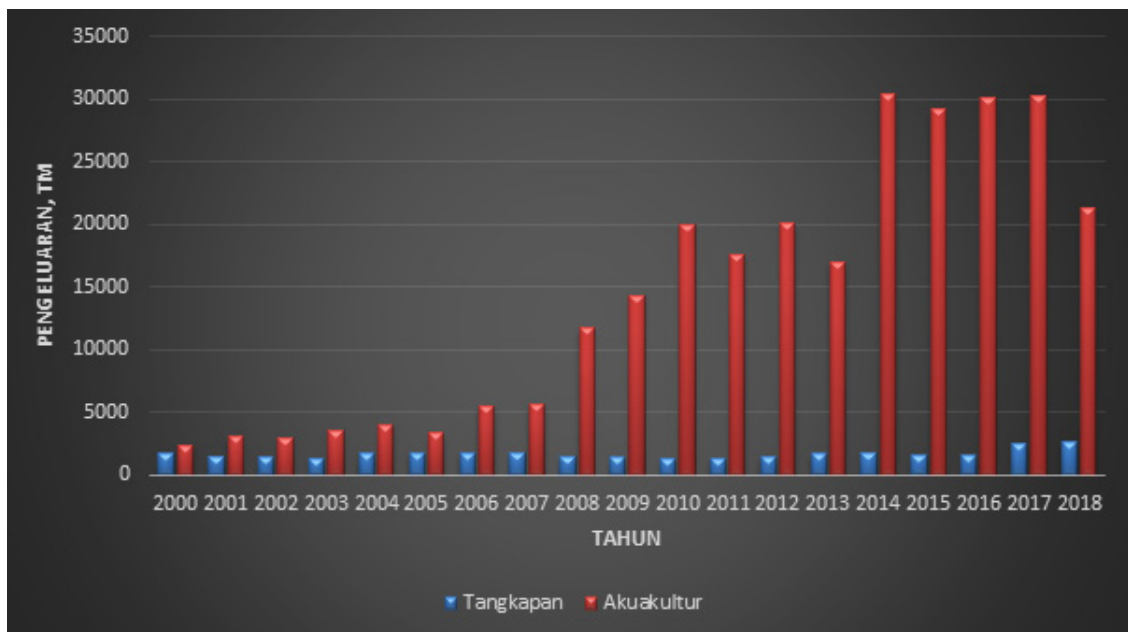
Keluarga Latidae terdapat secara meluas dari Telok Parsi hingga ke India, Asia Tenggara, India, Papua New Guinea, utara Australia hingga ke rantau Pasifik Barat (Jerry, 2014). Ikan siakap adalah spesies euryhaline mendiami habitat air tawar, payau dan marin termasuk sungai, tasik, muara dan perairan pesisir pantai yang berbatu.

Ikan siakap adalah ikan katadaromos iaitu mereka akan menetas di laut dan ketika menginjak juvenil, ikan ini beramai - ramai bergerak menuju ke air tawar untuk membesar dan kemudian mudik kembali menuju laut untuk mengawan. Ikan siakap mencapai kematangan seksual pada usia 2-3 tahun dan matang sebagai jantan dan menjadi betina apabila semakin matang dan besar. Pergerakan ikan dewasa ke kawasan peneluran adalah dicituskan oleh peningkatan bermusim suhu air (Grey, 1987). Kemasinan yang tinggi (32-38 ppt) adalah antara keperluan utama kawasan peneluran ikan siakap (Davis, 1987).

Ikan siakap mempunyai fekunditi yang tinggi. Seekor ikan betina dalam saiz 120 cm panjang keseluruhan mampu mengeluarkan 30–40 juta telur. Justeru, bilangan baka yang sedikit dapat menyediakan bilangan larva yang mencukupi untuk pengeluaran pusat pembenihan berskala besar.

Statistik pengeluaran siakap di Malaysia

Rajah 1 di bawah menunjukkan data pendaratan ikan siakap di Malaysia dari perikanan tangkapan dan akuakultur dari tahun 2000-2018. Jumlah pengeluaran ikan siakap daripada aktiviti perikanan tangkapan dan akuakultur pada tahun 2018 adalah 23,879.89 tm dengan nilai hampir RM 357 juta. Pada tahun 2000, data menunjukkan jumlah pengeluaran ikan siakap daripada aktiviti tangkapan (1,701 tm) dan akuakultur (2,393 tm) adalah hampir sama. Dalam tempoh 18 tahun, dapat dilihat pola pengeluaran yang mendatar dari sektor perikanan tangkapan. Bagi akuakultur pula, pengeluaran dilihat meningkat perlahan-lahan dari tahun 2000 ke 2007, terus meningkat dengan lebih ketara dari 2007-2014. Pengeluaran kekal stabil dari 2014-2017 dan turun dengan agak mendadak pada tahun 2018. Pengeluaran ikan siakap tertinggi adalah pada tahun 2014 iaitu sebanyak 30,439 tm manakala pengeluaran terendah adalah pada tahun 2000 iaitu sebanyak 2,393 tm. Perbezaan ini adalah disebabkan oleh penambahan dalam bilangan kolam dan sangkar yang beroperasi iaitu sekitar 8,554 sahaja pada tahun 2000, manakala jumlah kolam, sangkar dan tangki air masin yang beroperasi adalah sekitar 132,924 pada tahun 2014.



Rajah 1: Pengeluaran ikan siakap dari aktiviti perikanan tangkapan dan akuakultur di Malaysia dari tahun 2000-2018

Program Penyelidikan Baka Siakap

Walaupun ikan siakap telah ditenak selama lebih dari 20 tahun, ia tidak berasaskan program pembiakbakaan yang sistematik. Hampir semua pengeluaran ini diperolehi daripada benih yang dihasilkan dari induk yang tidak dipilih atau liar. Seperti yang kita lihat dari statistik bekalan benih daripada sumber liar adalah rendah. Justeru untuk pengeluaran siakap secara intensif daripada aktiviti akuakultur memerlukan pengeluaran benih yang banyak dan berkualiti daripada pusat pembenihan. Justeru, pembangunan kaedah dan teknologi pembenihan dan pembiakbakaan ikan siakap dalam kurungan adalah sangat penting untuk memacu perkembangan industri akuakultur di Malaysia.

Dalam RMK-9 dan RMK-10, teknologi pembenihan dan ternakan siakap telah dimulakan. Dalam RMK-11, fokus telah diberikan kepada program pembangunan induk siakap.

Langkah-langkah dalam Program Pemiakbakaan

Pemilihan induk untuk penyediaan stok asas (F_0)

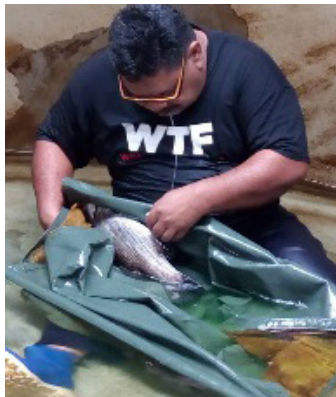
Induk-induk ikan siakap jantan dan betina dari Bangkok Thailand, Bali Indonesia dan Malaysia (N=77, sekitar 3.5 kg) telah dipilih sebagai stok asas dalam program ini.



Induk yang dipilih



Induk ditanda dengan PIT tag untuk pengecaman jantina dan tahap kematangan



Pemeriksaan induk



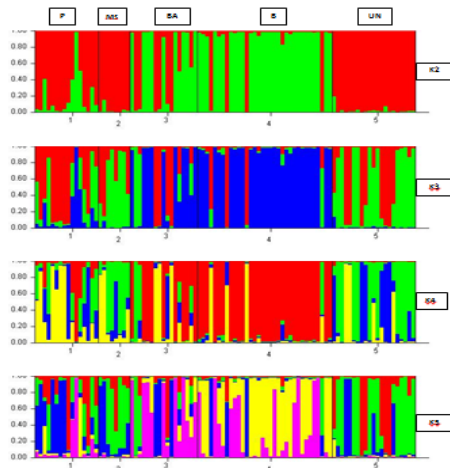
Induk-induk dipelihara di dalam tangki 50 tan di FRI Tanjung Demong.

Parameter mutu air - oksigen terlarut (DO), kemasinan, pH, kekeruhan, ammonia, nitrat dan nitrit dipantau. Ikan di beri makan ikan segar sekali sehari (1-2% berat badan).

Penyaringan genetik stok
 asas(F_0)



Persampelan ikan untuk pengambilan sampel genetik



Rajah 2: Genotip yang berjaya didapati pada 20 penanda Simple Sequence Repeats (SSR)

Genotip yang berjaya didapati pada 20 penanda SSR dengan 10 penanda gagal dan menghasilkan alel null. Kebarangkalian $\log [Ln P (D)]$ yang dikaitkan dengan bilangan kluster genetik yang berbeza (K), menunjukkan nilai tertinggi pada $K = 5$ [$Ln P (D) = -2482.7$]. Menurut (nilai alfa) $K = 5$ memberikan nilai terdekat kepada sifar menunjukkan bahawa bilangan kumpulan genetik yang paling sesuai yang diberikan untuk set data ini adalah lima populasi (Jadual 1). Ini menunjukkan bahawa terdapat variasi antara induk dari Bali dan Malaysia (0.5) dan Bangkok dan Malaysia (0.3), sedangkan untuk Bali dan Bangkok hanya sedikit variasi di antara mereka (0.1).

Jadual 1: Jarak genetik induk-induk stok asas siakap putih

| Pop ID | Malaysia | Bangkok | Bali |
|----------|----------|---------|--------|
| Malaysia | ***** | ***** | ***** |
| Bangkok | 0.3030 | ***** | ***** |
| Bali | 0.4938 | 0.1029 | ***** |
| Unknown | 0.0640 | 0.2653 | 0.3793 |

Pembentukan populasi asas (F0)

Populasi asas dibangunkan menggunakan kaedah persilangan diallel. Dua pasangan digunakan untuk setiap eksperimen. Induk jantan dan betina yang dipilih berdasarkan fenotip yang dikehendaki, dimasukkan ke dalam tangki pemula untuk mengaruh peneluran secara semulajadi.

Jadual 2: Populasi asas menggunakan kaedah persilangan diallel

| Betina♀ \ Jantan♂ | Bangkok | Bali | Malaysia |
|-------------------|---------|---------|----------|
| Bangkok | Kohot 1 | Kohot 4 | Kohot 5 |
| Bali | Kohot 7 | Kohot 2 | Kohot 6 |
| Malaysia | Kohot 8 | Kohot 9 | Kohot 3 |

Kohot 1 – Bangkok ♂ x Bangkok ♀

Kohot 2 – Bali ♂ x Bangkok ♀

Kohot 3 – Malaysia ♂ x Malaysia ♀



Aktiviti mengenal pasti jantina ikan siakap menggunakan kanula



Pengredan anak benih siakap

Penilaian prestasi populasi asas (F₀)

Prestasi calon-calon baka dari kacukan induk-induk seperti di atas dinilai dari segi:

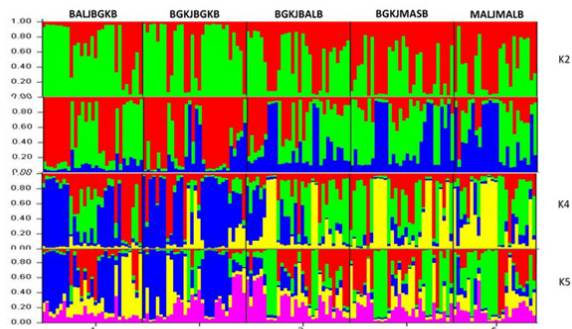
- peratus kemandirian
- berat akhir
- kadar pertumbuhan spesifik (SGR) (%/hari),
- kadar peningkatan berat badan (g/hari)
- kadar pertukaran makanan (FCR).

Pemilihan populasi F_1

Proses pemilihan calon baka



Proses pemilihan calon baka sedang dilakukan



Rajah 3: Analisis penyaringan genetik baka F_1

Hasil analisis penyaringan genetik bagi baka F_1 yang telah dijalankan oleh pihak FRI bersama CMDV, daripada 150 sampel yang terdiri daripada 5 populasi telah berjaya menghasilkan 4 populasi yang mempunyai kandungan genetik yang berbeza antara satu sama lain (Rajah 2). Terdapat 2 populasi iaitu K4 (BKK x MAL) dan K5, (MAL x MAL) berada di dalam satu kumpulan yang sama kerana ciri-ciri kandungan genetik yang diperolehi adalah hampir sama dan berkemungkinan untuk menghasilkan ciri-ciri fenotip yang hampir sama antara satu sama lain.

Bagi 3 populasi yang lain iaitu K1 - (BAL x BKK), K2 - (BKK x BKK) dan K3 - (BKK x BAL), hasil analisis menunjukkan jarak dan kandungan genetik bagi ketiga – tiga populasi ini adalah jauh dan berbeza antara satu sama lain (Jadual 3). Keputusan ini adalah bertepatan dan seterusnya menyokong hasil analisis yang telah dijalankan terhadap populasi asas, iaitu baka dari Bali dan Bangkok yang masing- masing menunjukkan kandungan genetik dan heterozygosity yang tinggi antara satu sama lain dan menjadikan kedua-dua baka ini adalah antara baka yang terbaik untuk dipilih sebagai calon induk bagi kajian pembiakan secara pilihan kelak.

Pemilihan populasi F_1

Jadual 3: Jarak genetik baka F_1 , siakap putih

| POP ID | BALJBKKB | BKKJBKKB | BKKJBALB | BKKJMALB | MALJMALB |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| BALJBKKB | ***** | ***** | ***** | ***** | ***** |
| BKKJMALB | 0.0687 | ***** | ***** | ***** | ***** |
| BKKJBALB | 0.0382 | 0.0781 | ***** | ***** | ***** |
| BKKJBKKB | 0.0627 | 0.1817 | 0.0316 | ***** | ***** |
| MALJMALB | 0.0984 | 0.1436 | 0.0307 | 0.0195 | ***** |

Kajian perbandingan prestasi tumbesaran baka populasi asas dan F_1 dalam tangki dari saiz: 40g – 200g

Jadual 4: Keputusan prestasi tumbesaran bagi baka populasi asas dan F_1 , siakap putih

| Parameter | Bangkok | Bali | Malaysia | Kohot 4 | Kohot 5 | Kohot 6 | Kohot 7 | Kohot 8 | Kohot 9 |
|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|---------|---------|
| Bil ikan awal (ekor) | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | KBS | KBS |
| Bil ikan akhir (ekor) | 190 | 173 | 199 | 200 | 199 | 200 | 199 | | |
| Berat badan awal (g) | 52.52 ± 6.80 | 42.97 ± 11.12 | 53.60 ± 11.86 | 42.28 ± 3.79 | 72.08 ± 13.96 | 39.50 ± 3.43 | 43.12 ± 3.56 | | |
| Berat badan akhir (g) | 267.86 ± 37.54 | 234.65 ± 52.42 | 252.47 ± 57.82 | 217.75 ± 10.11 | 209.80 ± 33.87 | 205.67 ± 2.99 | 215.48 ± 21.73 | | |
| Kadar peningkatan berat (g/hari) | 1.44 | 2.13 | 1.66 | 2.92 | 2.22 | 2.77 | 1.92 | | |
| SGR (%/hari) | 1.09 | 1.95 | 1.29 | 2.73 | 1.72 | 2.75 | 1.79 | | |
| Kemandirian (%) | 95.17 | 86.21 | 99.50 | 100.00 | 99.50 | 100.00 | 99.25 | | |
| FCR | 1.3 | 1.2 | 2.0 | 1.2 | 1.5 | 1.2 | 1.3 | | |
| Hasil (kg/tangki) | 50.97 | 40.47 | 53.65 | 43.55 | 41.76 | 41.13 | 42.78 | | |

Nota: Nilai adalah purata ± sisihan piawai; SGR = Kadar pertumbuhan spesifik (Specific growth rate), FCR = Nisbah pertukaran makanan (Food conversion ratio), KBS = kajian belum siap

Kajian prestasi tumbesaran baka populasi asas dan F_1 di dalam sistem tangki menunjukkan potensi terhadap program pembiakbakaan secara selektif untuk meningkatkan prestasi ikan siakap putih. Bagi pemilihan generasi pertama (F_1), prestasi tumbesaran telah meningkat lebih dari 60% dari segi berat badan jika dibandingkan dengan populasi asas (Jadual 4). Peningkatan pertumbuhan ini menunjukkan bahawa terdapat banyak peluang untuk pembaikan genetik untuk generasi yang akan datang bagi ikan siakap putih. Secara keseluruhannya, kohot 4 menunjukkan prestasi tumbesaran yang paling positif diantara baka F_1 yang lain, namun kajian ini masih lagi diteruskan untuk mengenal pasti prestasi tumbesaran bagi semua kohot.

| Pemilihan populasi F ₁ | Kajian perbandingan prestasi tumbesaran baka populasi asas dan F ₁ dalam sangkar HDPE dari saiz: 200g – 1kg | | | | | | | | | |
|---|--|------------------|------|------------------|---------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| | Jadual 5: Keputusan prestasi tumbesaran dalam sangkar bagi baka populasi asas dan F ₁ , siakap putih | | | | | | | | | |
| | Parameter | Bangkok | Bali | Malaysia | Kohot 4 | Kohot 5 | Kohot 6 | Kohot 7 | Kohot 8 | Kohot 9 |
| | Bil ikan awal (ekor) | 265 | KBS | 265 | KBS | 265 | KBS | KBS | KBS | KBS |
| | Bil. Ikan akhir (ekor) | 256 | | 247 | | 254 | | | | |
| | Berat badan awal (g) | 352.92 ± 58.34 | | 453.90 ± 116.12 | | 209.80 ± 33.87 | | | | |
| | Berat badan akhir (g) | 1161.58 ± 210.97 | | 1370.73 ± 371.51 | | 1032.83 ± 36.66 | | | | |
| | Kadar peningkatan berat (g/hari) | 5.4 | | 6.1 | | 2.29 | | | | |
| | SGR (%/hari) | 0.79 | | 0.74 | | 0.44 | | | | |
| | Kemandirian (%) | 96.60 | | 93.21 | | 96.04 | | | | |
| FCR | 1.6 | 1.5 | | 1.3 | | | | | | |
| Hasil (kg/tangki) | 297.35 | 337.99 | | 262.86 | | | | | | |
| Nota: Nilai adalah purata ± sisihan piawai; SGR = Kadar pertumbuhan spesifik (Specific growth rate), FCR = Nisbah pertukaran makanan (Food conversion ratio), KBS = kajian belum siap | | | | | | | | | | |

Hasil

Program penyelidikan baka siakap dijadikan fokus didalam RMK11 bagi memastikan hatceri yang beroperasi dalam negara mendapat bekalan induk yang berkualiti bagi tujuan pembenihan dan seterusnya menjamin perkembangan industri akuakultur negara yang mapan. Program ini masih berjalan dengan pelaksanaan yang rapi dan merupakan satu program jangka panjang yang memerlukan sekurang-kurangnya lima tahun lagi untuk menghasilkan strain baka yang dipertingkatkan (*improved strain*) bagi memastikan baka-baka asli negara tidak terpujus dan tidak terhapus perkembangan genetiknya.

Keputusan kajian ini menunjukkan bahawa program pembiakan selektif untuk pembangunan induk siakap putih ini dapat memberikan kesan yang signifikan kepada industri dimana pemilihan baka yang berkualiti dapat ditentukan untuk agihan kepada industri. Agihan tahunan kepada industri disenaraikan dalam Jadual 6. Sehingga Tahun 2019 sebanyak 8 kohot telah dihasilkan dengan agihan baka bersaiz 300g-500g sebanyak 16,110 ekor, agihan benih bersaiz 4-5 inci dengan jumlah 232,350 ekor. Walau bagaimana sehingga kini rumusan untuk prestasi pertumbuhan setiap kohot masih belum dapat disimpulkan memandangkan kajian kohot masih berjalan. Namun daripada kajian perbandingan prestasi di dalam tangki dari 40g hingga ke 200g didapati kohot 6 (Bali x Malaysia) dan kohot 4 (Bangkok x Bali) menunjukkan prestasi kemandirian, penambahan berat badan dan kadar tumbesaran spesifik yang sangat signifikan.

Jadual 6: Agihan baka, benih dan jumlah pengeluaran telur dari tahun 2016-2019

| Tahun | Agihan baka | Agihan benih | Pengeluaran Telur (juta) |
|-------|-------------|--------------|--------------------------|
| 2016 | 2,000 | 65,100 | - |
| 2017 | 6,800 | 77,750 | 80.95 |
| 2018 | 3,110 | 28,500 | 37.65 |
| 2019 | 4,200 | 61,000 | 49.75 |

Rujukan

Ali A. 1987. Status of Sea Bass, *Lates calcarifer* culture in Malaysia. *In: JW Copland and DL Grey (eds), Management of Wild and Cultured Sea Bass/Barramundi. ACIAR Proceedings, No. 20, Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra. pp 165-167.*

Barnabe 1995. The Sea Bass. *In: C.E. Nash and A.J. Novotny (eds.). Production of aquatic animals: Fishes. World Animal Science C8, Elsevier Science B.V., Amsterdam, pp. 269–287.*

Davis TLO. 1987. Biology of wildstock *Lates calcarifer* in northern Australia. *In: JW Copland and DL Grey (eds.). ACIAR International Workshop on the Management of wild and cultured sea bass barramundi (*Lates calcarifer*). Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, pp. 22–29.*

Grey DL. 1987. An overview of *Lates calcarifer* in Australia and Asia. *In: J.W. Copland and D.L. Grey (eds.). ACIAR International Workshop on the Management of wild and cultured sea bass/barramundi (*Lates calcarifer*). Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, pp. 15–21.* Grey 1987.

[FAO] United Nations Food and Agriculture Organization. 2011. *Lates calcarifer*. Cultured Aquatic Species Information Programme, Fisheries and Aquaculture Department. Available from http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Lates_calcarifer/en (Accessed 6 April 2020).

Hussin MA, Nik Daud, NS and Nik Razali NL. 1996. Natural spawning and larval rearing of tiger grouper, *Epinephalus fuscoguttatus* (Forsk.) A preliminary result. Paper presented at the 5th Fisheries Research Institute Conference. 8-10 July 1997. Fisheries Research Institute, Penang Malaysia.

Jerry DR. 2014. Biology and Culture of Asian Seabass *Lates calcarifer*. CRC Press Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742, p 325.

Perangkaan Perikanan Tahunan, Jabatan Perikanan Malaysia. 2000 -2018. Boleh didapati di laman web <https://www.dof.gov.my/index.php/pages/view/82>

Toledo JD, CL Marte and AR Castillo. 1991. Spontaneous maturation and spawning of seabass *Lates calcarifer* in floating net cages. *J. Appl. Ichthyol.* 7: 217–222.

Udang Harimau

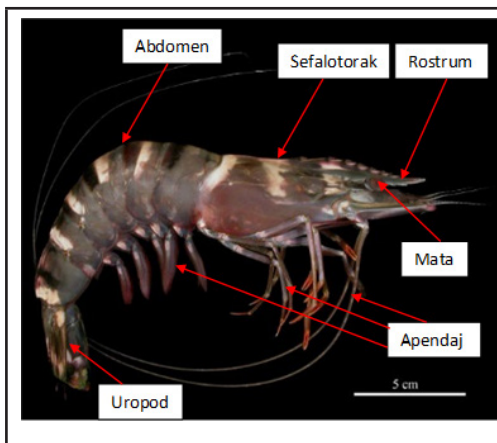
Latarbelakang

Udang harimau (Nama Inggeris: Black Tiger Prawn, Nama saintifik: *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798)) adalah antara spesies udang marin yang diternak secara komersial di Malaysia. Ternakan udang harimau mampu menghasilkan pendapatan lumayan kepada para pengusaha kerana harga pasaran yang tinggi dan stabil antara RM40-RM50 sekilogram. Permintaan eksport terhadap udang harimau juga tinggi.

Kejayaan menternak beberapa spesies udang marin termasuk pengeluaran (propagation) udang harimau di Malaysia telah direkodkan buat pertama kali di Institut Penyelidikan Perikanan, Glugor, Pulau Pinang dalam tahun 1969 (Muhammad Hatta, 1993). Pengeluaran benih udang kemudian diteruskan di Pusat Pengeluaran dan Penyelidikan Benih Udang Kebangsaan (PPPBUK,NAPFRE) di Pulau Sayak, Kedah bermula pada dalam tahun 1987 dengan penambahan skop R&D, pembangunan teknologi pembenihan dan pematangan induk udang harimau serta latihan.

Ternakan udang harimau menggunakan stok tempatan di Malaysia telah bermula pada awal tahun 1980an (Mohd Fariduddin et al., 2017). Pada tahun 1990, hatcheri udang laut di Malaysia berjaya mengeluarkan dalam 1 bilion benih dengan udang harimau sebagai spesies utama (Muhammad Hatta, 1993). Perkembangan industri ternakan udang harimau telah terjejas pada akhir tahun 1990an kerana wabak penyakit virus sindrom bintik putih (WSSV) yang bukan sahaja melanda Malaysia tetapi seluruh dunia. Industri ini kembali pulih perlahan-lahan selepas itu dan semakin meningkat dari semasa ke semasa. Udang harimau mempunyai toleransi yang lebih baik terhadap penyakit Early Mortality Syndrom (EMS). Udang harimau yang diimport dari Madagascar beradaptasi dengan sesuai untuk diternak dalam kepadatan yang tinggi kira-kira 70 PL/m² dan hasil tuaian pada peratus kemandirian setinggi 90% atau biomass sebanyak 8-10 mt/ha selepas lebih kurang 5 bulan tempoh ternakan.

Habitat dan Biologi Udang Harimau



Udang harimau terbahagi kepada:

- Bahagian toraks yang bercantum dengan kepala yang dikenali sebagai sefalotoraks
- Abdomen
- Ekor (uropoda)

Abdomen dan sefalotoraks dilindungi lapisan karapas yang keras.

Di hujung kepala terdapat rostrum yang bergerigi manakala sepasang mata terletak di pangkal kepala. Terdapat 19 pasang apendaj iaitu 5 di kepala, 8 di toraks dan 6 di abdomen.

Badan berwarna hijau kebiruan dengan corak coreng-coreng berbelang

Habitat utama udang harimau ialah di persekitaran air laut. Biasanya proses mengawan berlaku diantara seekor induk betina dengan dua ekor jantan dimana sperma dari induk jantan dimasukkan ke dalam telikum (organ pembiakan betina) melalui petasma (organ pembiakan jantan) semasa induk betina menyalin kulit. Persenyawaan seterusnya akan menghasilkan telur yang menetas menjadi nauplii seterusnya zoea, mysis dan pasca larva. Proses menetas hingga mencapai peringkat pasca larva biasanya berlaku dalam tempoh dua minggu.

Statistik Pengeluaran Udang Harimau

Rajah di bawah menunjukkan pengeluaran udang harimau daripada aktiviti perikanan tangkapan dan akuakultur dari tahun 2000-2018. Statistik terkini (2018) merekodkan pengeluaran udang harimau sekitar 11,223.62 tm dengan nilai RM 497.315 juta. Di Malaysia, pengeluaran udang harimau daripada perikanan tangkapan hanya sekitar 10% daripada jumlah pengeluaran keseluruhan berbanding akuakultur (90%). Corak pengeluaran dari perikanan tangkapan adalah mendatar setiap tahun dengan julat pendaratan sekitar 1,000-1,900 tm. Pengeluaran daripada akuakultur menunjukkan peningkatan mendadak dari 2000 ke 2001 di mana pengeluaran tertinggi direkodkan pada tahun 2001 (27,357.29 tm). Pengeluaran daripada akuakultur agak stabil dari 2001 hingga 2004 dan mula menurun selepas 2004 hingga 2007 dan kembali meningkat perlahan-lahan sehingga 2010. Pada tahun 2010, Malaysia menyumbang sebanyak 3.2% (18,118.51 tm) daripada jumlah pengeluaran akuakultur udang harimau dunia (565,000 tm). Pengeluaran udang harimau kemudian jatuh dengan agak mendadak bermula 2011. Pengeluaran paling rendah adalah pada tahun 2014 iaitu sekitar 4,205.2 tm. Ini mungkin disebabkan masalah penyakit udang seperti WSSV, EMS dan EHP yang dibawa dari induk-induk samada dari Malaysia serta yang diimport dari luar. Selain itu, masalah kualiti benih turut menyumbang kepada penurunan tersebut. Walau bagaimanapun pengeluaran udang harimau kembali meningkat perlahan-lahan bermula 2016. Ini mungkin disebabkan pengusaha udang mula kembali berminat dengan ternakan udang harimau. Pada tahun 2015, keluasan kolam ternakan udang marin di Malaysia adalah sekitar 7,525.26 hektar dan telah meningkat kepada 8,283.74 hektar pada tahun 2018.



Rajah 1: Pengeluaran udang harimau dari aktiviti perikanan tangkapan dan akuakultur di Malaysia dari tahun 2000-2018

Program Penyelidikan Baka Udang Harimau

Bagi menggalakkan pengeluaran udang secara intensif daripada aktiviti akuakultur, FRI Pulau Sayak telah dipertanggungjawabkan untuk melaksanakan program pembiakbakaan udang harimau yang berkualiti untuk tumbesaran dan toleran terhadap penyakit di dalam RMK-11. Objektif program ini ialah untuk meningkatkan trait bernilai ekonomi iaitu tumbesaran dan toleran terhadap penyakit WSSV udang harimau. Program biakbaka ini dilaksanakan melalui kaedah pemilihan induk (*selective breeding*).

Langkah-langkah dalam Program Penyelidikan Baka

Perolehan induk dan kuarantin

Induk-induk udang harimau liar dari Sabah, Terengganu dan Perak dibawa balik ke FRI Pulau Sayak untuk dikuarantin selama 2 minggu. Ujian saringan penyakit menggunakan alat *Polymerase Chain Reaction* (PCR) dilakukan ke atas setiap induk semasa tempoh kuarantin bagi memastikan induk adalah bebas daripada penyakit.



Induk yang dibawa balik ke FRI Pulau Sayak di saring dahulu status jangkitan

Parameter mutu air iaitu oksigen terlarut (DO), pH, ammonia, nitrat dan nitrit dipantau secara berkala.

Induk diberi makan isi ikan atau sotong segar yang telah dinyahkuman (melalui rawatan sinar gamma) sekali sehari (1-5% daripada jumlah berat induk setiap tangki).

Pembentukan populasi asas (F_0)

Kacukan diallel separuh (*half diallel cross*) dijalankan menggunakan induk-induk terpilih dan bebas penyakit selepas tempoh kuarantin bagi menghasilkan famili-famili populasi asas F_0 .

Induk-induk jantan dan betina diletakkan di dalam tangki berasingan selama dua minggu sebelum kacukan. Makanan yang terdiri daripada sotong segar terawat diberi setiap hari bagi memastikan perkembangan gonad induk. Pemilihan induk berdasarkan saiz, keadaan morfologi yang sempurna dan sihat sebelum aktiviti kacukan.



Induk-induk terpilih

Proses kacukan dijalankan di dalam tangki kacukan berkapasiti 10 mt setiap satu untuk menghasilkan 6 kohot. Sebanyak dua puluh (20) pasang induk dikacukkan dalam setiap tangki dengan 2 replikat untuk setiap kacukan diallel ini.



Tangki pematangan induk udang

Jadual 1: Kacukan diallel separuh untuk pembentukan populasi asas

| Betina ♀ | Sabah (S) | Terengganu (T) | Perak (P) |
|----------------|-----------|----------------|-----------|
| Jantan ♂ | | | |
| Sabah (S) | SS | ST | SP |
| Terengganu (T) | | TT | TP |
| Perak (P) | | | PP |

***Catatan:** Setiap kacukan menggunakan 10 induk jantan dan 10 betina (2 replikat setiap kacukan) untuk menghasilkan 6 kohot.

Induk betina akan dipotong sebelah mata sebelum dimasukkan ke dalam setiap tangki. Ia akan diperiksa setiap hari bagi menentukan tahap kematangan ovari yang disenyawakan oleh induk jantan. Induk-induk yang mempunyai aras kematangan peringkat 4 akan dipindahkan ke tangki penetasan yang berasingan mengikut kohot masing-masing sehingga nauplii terhasil.

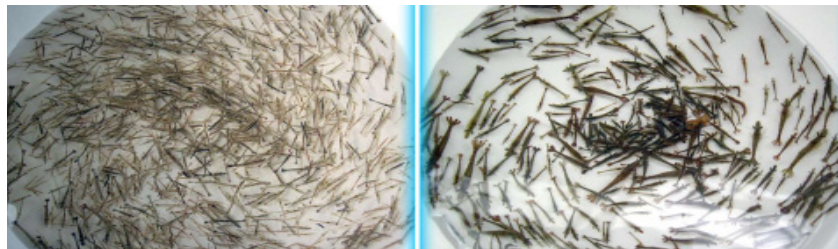


Proses aruhan pematangan melalui pemotongan mata

Asuhan kohot

Nauplii yang dihasilkan diasuh di dalam tangki 5,000 liter yang dikhaskan mengikut kohot dengan kepadatan 200 nauplii/liter sehingga mencapai peringkat pasca larva. Aktiviti ini biasanya mengambil masa dua minggu.

Pasca larva tersebut perlu dipindahkan ke tangki asuhan yang lebih besar (10,000 liter) dengan kadar tebaran 5 ekor/liter untuk asuhan lanjut sehingga mencapai peringkat juvenil bersaiz 3g iaitu saiz yang sesuai untuk proses penandaan (tagging) menggunakan VIE tag. Asuhan ini mengambil masa dua bulan.



Pasca larva diasuh sehingga mencapai saiz juvenil sebelum 'tagging' dilakukan

Pengukuran berat dan panjang badan setiap juvenil perlu direkodkan semasa proses tagging ini dilakukan.

Penilaian prestasi

Ujian prestasi tumbesaran juvenil yang telah ditanda tersebut perlu dijalankan bagi mengenalpasti individu terbaik daripada setiap kohot untuk dijadikan induk kepada generasi berikutnya. Semua juvenil tersebut ditenak di dalam kolam di FRI Gelang Patah selama tiga bulan bagi menilai prestasi tumbesaran mereka. Sebahagian yang ditanda juga ditenak di dalam tangki di FRI Pulau Sayak sehingga mencapai saiz matang.



Kajian prestasi tumbesaran baka di FRI Gelang Patah

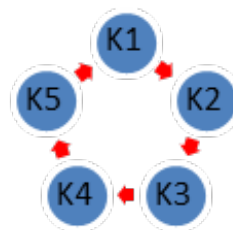
Selepas tempoh ternakan, udang akan dituai. Jantina, berat dan panjang badan setiap individu perlu direkodkan. Data-data berkenaan adalah penting untuk menentukan parameter genetik seperti heterosis, heritabiliti dan varians genetik sebagai rujukan untuk memilih induk-induk terbaik bagi menghasilkan generasi seterusnya.



Aktiviti merekod data tumbesaran udang selepas penuaian untuk dianalisa

Penghasilan generasi berikutnya ($F_1, F_2, F_3, \dots, F_N$)

Induk-induk jantan dan betina yang menunjukkan varians genetik aditif (*additive genetic variance*) tertinggi akan digunakan untuk proses kacukan bagi menghasilkan generasi F_1 . Sekurang-kurangnya dua puluh ekor induk jantan dan dua puluh ekor induk betina terbaik daripada setiap kohot dipilih berdasarkan anggaran varians tersebut. Bagi menghasilkan kohot generasi berikutnya, induk-induk terpilih perlu dikacuk dengan induk-induk terpilih daripada kohot-kohot berlainan yang tiada hubungan famili untuk mengurangkan *inbreeding*. Kaedah kacukan antara kohot adalah seperti rajah di bawah. Dalam kacukan ini, induk-induk jantan dari kohot 1 (K1) akan dikacuk dengan induk-induk betina dalam kohot 2 (K2). Seterusnya induk-induk jantan dari kohot 2 (K2) dikacukkan dengan induk-induk betina kohot 3 (K3) dan seterusnya untuk kohot-kohot yang lain. Pola kacukan ini dapat meminimalkan *inbreeding* dan mampu mengekalkan kualiti baka sekurang-kurangnya lima tahun sebelum sumber baka baru dimasukkan dalam proses ini bagi meningkatkan variasi genetik dalam populasi induk-induk tersebut. Proses asuhan benih, penandaan, ujian prestasi dan pemilihan setiap generasi dalam program ini adalah sepertimana dilakukan dalam penghasilan kohot bagi populasi asas yang diterangkan di atas.



Hasil program

Program pembiakbakaan udang harimau yang dijalankan dalam RMK-11 ini masih berjalan. Pada peringkat awal program ini, halangan yang dihadapi adalah kesukaran mendapatkan sumber induk liar yang bebas penyakit. Ini diikuti dengan serangan penyakit semasa kajian prestasi ternakan dijalankan. Maka, program jangka panjang ini memerlukan sekurang-kurangnya tiga tahun lagi untuk menghasilkan strain baka yang dipertingkatkan (*improved strain*). Pada masa ini 6 kohot populasi asas telah berjaya dihasilkan dan sedang menjalani kajian prestasi tumbesaran di FRI Pulau Sayak dan FRI Gelang Patah.

Rujukan

Mohd Fariduddin O, Mazuki H, Yeo MI and Amal MNA. 2017. Transforming the Aquaculture Industry in Malaysia. World Aquaculture 48(2):16-23.

Muhammad Hatta M. 1993. Shrimp Seed Production in Malaysia. Proceedings of the Aquaculture Workshop for SEAFDEC/AQD Training Alumni; 8-11 September 1992; Iloilo, Philippines. SEAFDEC Aquaculture Department, Iloilo, Philippines. 1993. 173 pp.

Perangkaan Perikanan Tahunan, Jabatan Perikanan Malaysia. 2000 -2018. Boleh didapati di laman web <https://www.dof.gov.my/index.php/pages/view/82>

Udang Galah

Latarbelakang

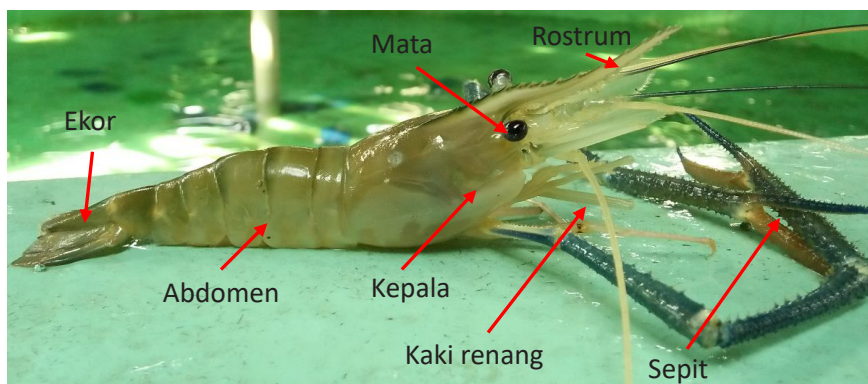
Udang galah (Giant Freshwater Prawn; *Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879)) adalah spesies krustasea air tawar utama di negara ini. Permintaan yang tinggi dan harga yang boleh mencecah RM40-RM80 sekilogram menjadikan spesies ini berdaya maju untuk ditanak secara komersil. Ternakan udang galah komersil bermula dengan pengimportan udang galah ke Hawaii dari Malaysia, di mana kajian perintis oleh Ling (1969) dari Institut Penyelidikan Perikanan Marin, Pulau Pinang yang membuat penemuan bahawa udang galah memerlukan air payau untuk hidup selepas 5 hari telah diterjemahkan kepada kaedah pengeluaran pasca larvae (PL) udang galah skala komersil oleh ahli biologi Takuji Fujimura pada tahun 1972 (FAO, 2002). Semenjak itu, ternakan udang galah telah diperkenalkan di merata benua untuk tujuan ternakan. Kini ia ditanak di banyak negara dengan negara pengeluar utama (>200 tm) seperti, China, Bangladesh, Thailand. Vietnam dan Myanmar.

Dengan kejayaan penting dalam R&D awal serta sejarah penternakan udang galah yang agak lama, ternakan udang galah masih belum sampai ke tahap pengeluaran komersial yang berdaya maju. Intensiti penternakan masih secara ekstensif atau separuh intensif di dalam kolam tanah (0.2-0.3 ha) (Mohd Fariduddin et al., 2017). Penternak lazimnya melakukan penebaran pasca larva peringkat 15 (PL15) untuk ditanak sebelum dituai selepas 4 atau 5 bulan. Tuaian secara berperingkat diamalkan kerana tumbesaran yang tidak seragam disebabkan perbezaan saiz antara jantina. Hasil tuaian secara purata bagi setiap pusingan ternakan adalah di antara 1-2 tan sehektar dengan kemandirian antara 20-30%. Tiada aktiviti ternakan skala besar dijalankan sepertimana udang laut. Antara masalah utama adalah disebabkan bekalan baka berkualiti yang terhad, teknologi ternakan yang berproduktiviti rendah serta penggantungan kepada makanan import untuk peringkat larva (Banu Christianus, 2016). Pada masa ini dianggarkan 50 juta pasca larva dihasilkan setiap tahun oleh 10 buah pusat pembenihan udang galah di Malaysia. Jumlah pengeluaran pasca larva adalah tidak menentu kerana pengusaha benih bergantung kepada sumber induk liar dari sungai yang semakin terhad.

Habitat dan Biologi Udang Galah

Udang Galah merupakan spesies asli Malaysia dan juga terdapat di negara-negara tropika dan subtropika yang lain. Ia adalah udang air tawar terbesar di dunia dengan saiz udang jantan boleh mencecah 320 mm (panjang keseluruhan) dan lebih 200 g (berat badan).

Morfologi udang galah terbahagi kepada tiga iaitu kepala (sefalotoraks), abdomen dan ekor (uropoda). Secara umum, badannya terdiri daripada ruas-ruas yang masing-masing dilengkapi sepasang kaki renang. Keseluruhan abdomen dan kepalanya dilindungi lapisan cengkerang. Ia juga mempunyai sepasang sepit untuk memegang makanan, sepasang mata dan struktur rostrum yang berbentuk seperti pedang di hujung kepalanya.



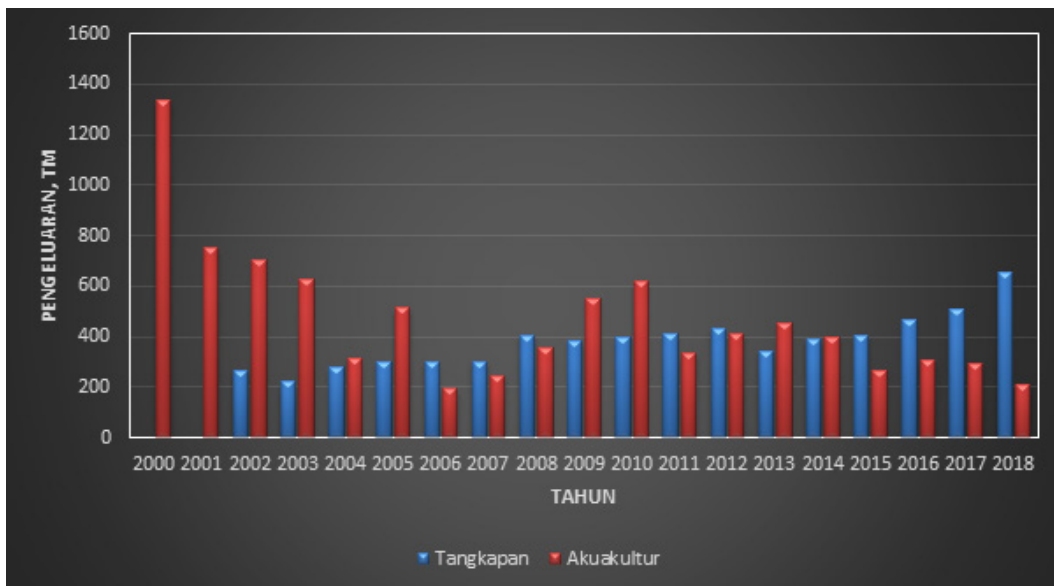
Morfologi umum udang galah dewasa

Udang galah jantan biasanya lebih besar daripada udang betina. Habitat utama spesies ini ialah di persekitaran air tawar. Induk udang galah yang telah disenyawakan akan mengeram telurnya selama 20 hari dan pada masa ini ia akan berpindah ke persekitaran air payau sehingga telur menetas. Telur yang menetas menjadi larva yang terdiri daripada 11 peringkat dan akhirnya menjalani proses metamorfosis ke peringkat pasca larva, juvenil dan udang dewasa dalam kitaran hidupnya. Tempoh lengkap mengambil masa 6-8 bulan. Semasa proses tumbesaran tersebut pasca larva akan berenang ke arah habitat asalnya iaitu di air tawar.

Statistik Pengeluaran Udang Galah

Pengeluaran pertama udang galah dari Malaysia yang dimasukkan dalam statistik global adalah pada tahun 1970 (FAO, 2008). Rajah di bawah menunjukkan pengeluaran udang galah di Malaysia dari tahun 2000-2018 yang dihasilkan daripada perikanan tangkapan dan akuakultur.

Secara umumnya pola pendaratan udang galah daripada perikanan tangkapan sedikit menaik dengan perlahan dari 2002 hingga 2018 dengan pendaratan tertinggi direkodkan dalam tahun 2018 iaitu sebanyak 651.7 tm. Pola pengeluaran daripada aktiviti akuakultur menunjukkan penurunan yang drastik selepas pengeluaran tertinggi pada tahun 2000 iaitu sebanyak 1,337.6 tm. Penurunan dalam pengeluaran jelas ditunjukkan dari 2001-2007. Terdapat peningkatan dalam pengeluaran udang galah dari akuakultur dari 2007 hingga 2010 dan kembali menurun dari 2011 hingga 2018. Ini mungkin disebabkan beberapa faktor seperti bekalan induk liar yang berkurangan di perairan semulajadi dan prestasi tumbesaran serta peratus kemandirian yang rendah. Kajian menunjukkan kualiti benih dan ternakan udang galah di Malaysia mengalami penurunan disebabkan oleh kesan *inbreeding* (Zainoddin, 1992). Pengeluaran terkini pada tahun 2018 adalah sebanyak 865.29 tm dengan nilai RM55.12 juta yang merangkumi perikanan tangkapan dan akuakultur. Walaupun antara penyelidikan awal dalam pembenihan udang galah diterajui oleh Malaysia, namun sumbangan pengeluaran udang galah dari Malaysia kepada jumlah pengeluaran sedunia adalah kurang dari 1.0%.






Rajah 1: Pengeluaran udang galah dari aktiviti perikanan tangkapan dan akuakultur di Malaysia dari tahun 2000-2018

Program Penyelidikan Baka Udang Galah

Memandangkan udang galah adalah spesies akuakultur yang penting daripada segi ekonomi dan merupakan khazanah warisan Malaysia, maka perlu ada satu program pembangunan baka udang galah dilaksanakan bagi mengurangkan kebergantungan kepada induk liar atau induk yang diimport. Selain daripada dapat menghasilkan baka dengan trait cepat membesar, program ini juga dapat mengurangkan risiko penyebaran penyakit daripada baka atau benih udang yang diimport. Di bawah RMK-11, Institut Penyelidikan Perikanan (FRI), Pulau Sayak telah dipertanggungjawabkan untuk melaksanakan program pembangunan baka udang galah. Program ini bertujuan menghasilkan baka induk udang galah yang mempunyai kadar tumbesaran yang cepat melalui kaedah pemilihan induk (*selective breeding*).

Langkah-langkah dalam Program Pembiakbakaan

| | |
|--------------------------------------|--|
| <p>Perolehan induk dan kuarantin</p> | <p>Induk-induk udang galah liar dari Lundu Sarawak dan Teluk Intan serta induk domestikasi terpilih FRI telah digunakan bagi menghasilkan populasi asas dalam program ini.</p>    <p>Stok baka udang galah untuk penghasilan populasi asas</p> <p>Induk-induk liar dikuarantin selama 14 hari dan saringan patogen dilakukan semasa tempoh tersebut. Parameter mutu air iaitu oksigen terlarut (DO), pH, ammonia, nitrat dan nitrit dipantau.</p> <p>Induk di beri makan isi ikan atau sotong segar sekali sehari (1-5% daripada jumlah berat induk setiap tangki).</p> |
|--------------------------------------|--|

Pembentukan populasi
 asas (F_0)

Kacukan *half diallel* dijalankan menggunakan induk-induk terpilih selepas tempoh kuarantin bagi menghasilkan famili-famili populasi asas F_0 .

Induk-induk jantan dan betina terpilih diletakkan di dalam tangki berasingan selama dua minggu sebelum kacukan. Pemilihan induk berdasarkan saiz, keadaan morfologi yang sempurna dan sihat sebelum aktiviti kacukan.



Induk-induk diasingkan mengikut jantina di dalam tangki sebelum proses kacukan

Proses kacukan dijalankan di dalam bakul yang diletakkan dalam tangki berkapasiti 40 tm. Seekor induk jantan dikacukkan dengan dua ekor induk betina di dalam setiap bakul. Sepuluh bakul digunakan untuk setiap kacukan diallel ini bagi menghasilkan sekurang-kurangnya enam puluh famili.



Proses kacukan pasangan induk di dalam bakul

Jadual 1: Kacukan 'half diallel' untuk penghasilan populasi asas

| Jantan ♂ \ Betina ♀ | Sarawak (S) | Perak (P) | FRI (F) |
|---------------------|-------------|-----------|---------|
| Sarawak (S) | SS | SP | SF |
| Perak (P) | | PP | PF |
| FRI (F) | | | FF |

***Catatan:** Setiap kacukan dengan nisbah 1 induk jantan dan 2 betina boleh menghasilkan maksimum 20 famili.

Induk betina dalam setiap bakul akan diperiksa selepas tempoh dua minggu. Induk-induk yang mempunyai telur akan dikeluarkan dan dipindahkan ke tangki penetasan yang berasingan mengikut famili masing-masing sehingga larva terhasil.

Asuhan famili

Larva yang dihasilkan diasuh di dalam tangki 100 liter yang dikhaskan mengikut famili dengan kepadatan 50 larva/liter sehingga mencapai peringkat pasca larva. Aktiviti ini biasanya mengambil masa empat minggu.

Pasca larva tersebut perlu dipindahkan ke tangki asuhan yang lebih besar (300 liter) dengan kadar tebaran 15 ekor/liter untuk asuhan lanjut sehingga mencapai peringkat juvenil.



Tangki-tangki penetasan dan asuhan larva

Juvenil seterusnya dipindahkan ke hapa asuhan bersaiz 3m x 3m x 1.5m yang dipasang di dalam kolam. Aktiviti asuhan dijalankan sehingga saiz juvenil sesuai untuk ditanda (tagging) mengikut famili. 70 ekor juvenil setiap famili ditanda menggunakan 'VIE colour tag' untuk mengenalpasti individu-individu bagi setiap famili.



Pasca larva diasuh di dalam hapa sehingga mencapai peringkat juvenil yang sesuai untuk ditanda (tagging)



Penilaian prestasi

Ujian prestasi tumbesaran juvenil yang telah ditanda tersebut dijalankan bagi mengenalpasti individu dan famili terbaik untuk dijadikan induk kepada generasi berikutnya. Semua juvenil tersebut diternak di dalam hapa bersaiz 10m x 10m x 1.5m selama empat bulan bagi menilai prestasi tumbesarannya. Pengukuran berat dan panjang badan setiap juvenil direkodkan semasa proses tagging dilakukan.



Juvenil yang telah ditanda (tagging) diternak di dalam hapa besar selama 4 bulan

Selepas tempoh ternakan, udang akan dituai. Parameter jantina, berat dan panjang badan setiap individu perlu direkodkan. Data-data berkenaan adalah penting untuk menentukan parameter genetik seperti heterosis, heritabiliti dan varians genetik sebagai rujukan untuk memilih induk-induk terbaik bagi menghasilkan generasi seterusnya.



Aktiviti menuai dan merekod data ternakan

Penghasilan generasi berikutnya ($F_1, F_2, F_3, \dots, F_N$).

Induk-induk jantan dan betina yang menunjukkan varians genetik aditif (*additive genetic variance*) tertinggi akan digunakan untuk proses kacukan bagi menghasilkan generasi F_1 . Sekurang-kurangnya lima ekor induk jantan dan sepuluh ekor induk betina terbaik daripada setiap famili dipilih berdasarkan anggaran varians tersebut. Bagi menghasilkan famili, induk-induk daripada famili terpilih perlu dikacuk dengan induk-induk yang tiada hubungan kekeluargaan untuk mengelak atau mengurangkan *inbreeding*. Proses kacukan antara seekor induk jantan dan dua ekor induk betina dilakukan di dalam bakul yang dipasang dalam tangki 40 mt sepertimana yang digunakan dalam kacukan untuk menghasilkan populasi asas sebelum ini. Seterusnya aktiviti asuhan, tagging, kajian prestasi, pengukuran data dan pemilihan induk dilakukan sepertimana protokol untuk F_0 .



Proses pemilihan induk jantan dan betina sebelum kacukan bagi menghasilkan generasi baru

Hasil program

Program pembiakbakaan yang dijalankan di FRI Pulau Sayak dalam RMK-11 telah berjaya menghasilkan tiga generasi terpilih dengan peningkatan genetik (*selection response*) 3.7% setiap generasi. Kini, generasi ketiga yang terdiri daripada 53 famili sedang di peringkat penghasilan generasi keempat untuk pemilihan lanjut. Program ini juga telah menghasilkan 70,000 ekor baka induk terpilih daripada 200,000 ekor yang disasarkan. Sebahagian daripadanya telah diedarkan kepada pusat-pusat penetasan udang galah yang terpilih. Program ini berpotensi untuk terus dijalankan memandangkan heritabiliti ($h^2 = 0.46 + 0.05$) dan variasi genetik populasinya adalah tinggi.

Rujukan

FAO 2002. Farming Freshwater Prawn. A manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). FAO Fisheries Technical Paper 428.

FAO 2008. Fish stat Plus (v. 2.32) issued 11.03.2008. FAO, Rome.

Banu R, Christianus A. 2016. Giant Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* Farming: A Review on its Current

Status and Prospective in Malaysia. J Aquac Res Development. 7: 423.

Ling SW. 1969. General Biology and Development of *Macrobrachium rosenbergii*. FAO Fish Rep 57:589-606.

Mohd Fariduddin O, Mazuki H, Yeo MI and Amal MNA. 2017. Transforming the Aquaculture Industry in Malaysia. World Aquaculture 48(2):16-23.

Perangkaan Perikanan Tahunan, Jabatan Perikanan Malaysia. 2000 -2018. Boleh didapati di laman web <https://www.dof.gov.my/index.php/pages/view/82>.

Zainoddin, J. 1992. Effects of inbreeding on giant fresh-water prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) culture. Paper presented in The Symposium Genetics and Its Application to Aquaculture and Fishery Management, Bogor, Indonesia, 8 -10 Dec. 1992.

Ikan Tilapia Merah

Latarbelakang

Tilapia adalah nama generik untuk ikan dalam kumpulan Cichlids. Kumpulan ini mempunyai 3 genera akuakultur yang utama iaitu *Oreochromis*, *Tilapia* dan *Sarotherodon*. Ketiga-tiga genera ini mempunyai beberapa ciri yang berbeza terutama ciri reprodktif mereka. Walaupun terdapat lebih daripada 70 spesies ikan tilapia yang telah dikenalpasti di seluruh dunia tetapi hanya 2 spesies sahaja yang ditenak secara komersil di Malaysia iaitu tilapia merah hibrid (*Oreochromis* spp.) dan tilapia hitam atau tilapia nil (*Oreochromis niloticus*).

Daripada lakaran yang terdapat di dinding piramid di Mesir menunjukkan ikan tilapia telah ditenak sejak lebih 3,000 tahun dahulu, Ini menjadikan tilapia sebagai antara ikan yang paling awal ditenak di dunia. Semenjak itu, ternakan tilapia telah berkembang dengan pesat dan merupakan ikan air tawar kedua yang paling banyak ditenak di dunia selepas ikan kap dan kini ditenak di hampir 135 negara (Popma & Masser, 1999). Tilapia adalah ikan yang ideal untuk ditenak kerana ketahanan ikan ini terhadap kadar tebaran, mudah beradaptasi dengan persekitaran dan pelbagai sistem ternakan, cepat membesar, lasak dan bersifat omnivorus oportunistik.

Ikan tilapia merah lebih banyak ditenak di Malaysia berbanding ikan tilapia hitam kerana warnanya yang lebih menarik. Ikan tilapia merah yang asal adalah mutan genetik. Tilapia merah pertama yang dihasilkan di Taiwan pada akhir tahun 1960an adalah kacukan antara mutan betina berwarna oren kemerahan tilapia Mozambique dan jantan tilapia Nil yang normal dan kacukan ini dinamakan tilapia merah Taiwan (Lucy, 2005).

Kerajaan telah mensasarkan ikan tilapia sebagai spesies utama akuakultur air tawar di Malaysia dalam National Agricultural Policy Ketiga (NAP3, 1998 – 2010) (MOA, 1999).

Habitat dan Biologi Ikan Tilapia

Tilapia mendiami pelbagai kawasan air tawar bermula dari alur anak sungai kecil dan kolam sehingga sungai, tasik dan sedikit di habitat air payau. Kebanyakan ikan tilapia merupakan haiwan omnivorus. Tilapia adalah *asynchronous breeders* iaitu peneluran berlaku sepanjang tahun di kawasan tropika dan semasa musim panas di kawasan subtropika. Hanya induk betina bagi kumpulan *Oreochromis* sp. yang akan mengeramkan telur dalam mulutnya selama beberapa hari sehingga anak menetas dan bebas berenang di dalam mulut. Ciri ini hampir sama dengan *Sarotherodon* cuma bagi kumpulan ini, ke dua-dua induk jantan dan betina, boleh mengeramkan telur di dalam mulut. Genus *Tilapia* pula adalah *nest builders* iaitu induk jantan akan membersihkan dan menyediakan sarang untuk pembiakan dan akan menjaga telur dan anak yang baru menetas di dalam sarang. Tumbesaran tilapia jantan adalah 10-20 % lebih cepat daripada betina.

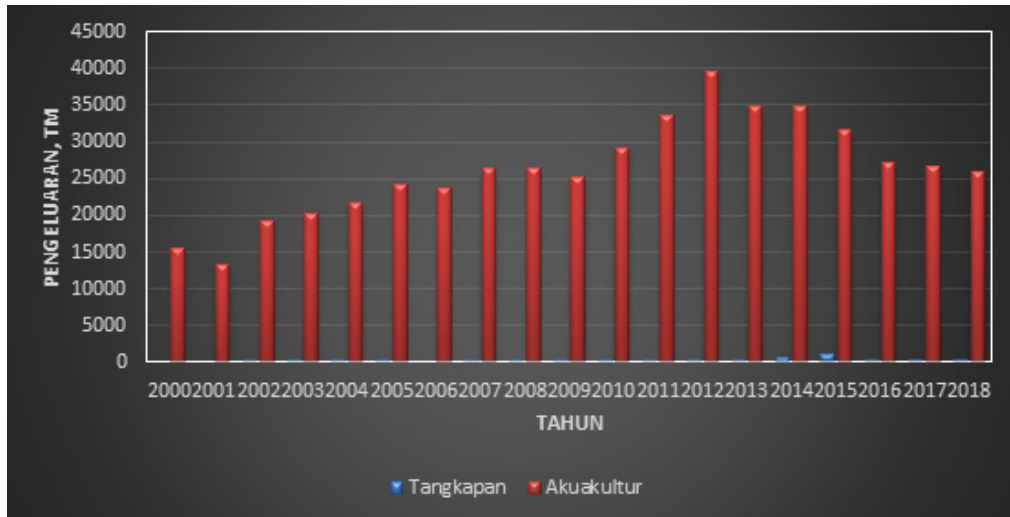
Tilapia makan pelbagai makanan termasuk plankton, makrofit, planktonik dan invertebrata akuatik, larva ikan, detritus dan bahan organik yang sedang mereput (Popma & Masser, 1999).

Statistik Pengeluaran Tilapia Merah di Malaysia

Rajah 1 menunjukkan jumlah pengeluaran ikan tilapia merah dari tahun 2000 sehingga 2018. Pengeluaran tilapia merah daripada perikanan tangkapan adalah sangat sedikit berbanding dari aktiviti akuakultur. Dari tahun 2000 hingga 2012, pengeluaran tilapia merah meningkat secara perlahan dari 15,557.14 mt sehingga mencapai pengeluaran tertinggi pada 2012 (39,581.9 tm). Selepas tahun 2012, terdapat penurunan dalam pola pengeluaran sehinggalah pada tahun 2016 (27,282.54 tm) dan kekal stabil sehingga 2018. Pada tahun 2016, jumlah pengeluaran tilapia merah dari Malaysia hanyalah sekitar 2.3% daripada jumlah pengeluaran tilapia merah dunia (1,177,000 tm) yang kebanyakannya disumbang oleh negara China.

Jumlah pengeluaran tilapia merah terkini iaitu pada tahun 2018 adalah hanya sebanyak 26.07 ribu tm dengan nilai RM 338,667,000 (FAO, 2018). Antara faktor penting yang menyebabkan penurunan dalam pengeluaran tilapia merah adalah jangkitan penyakit seperti *Streptococcosis* dan yang terbaru penyakit Tilapia Lake Virus

(TiLV) yang bukan sahaja menyerang tilapia di Malaysia tetapi juga di negara-negara lain di dunia.



Rajah 1: Pengeluaran ikan talapia merah dari aktiviti akuakultur dan perikanan tangkapan di Malaysia dari tahun 2000-2018

Program Penyelidikan Baka Tilapia Merah

Program pembangunan baka untuk ikan tilapia hitam (*Oreochromis niloticus*) atau GIFT telah lama dimulakan oleh pihak WorldFish bersama Jabatan Perikanan Malaysia yang sehingga kini telah mencapai ke generasi ke-18. Walaubagaimanapun pembangunan baka ikan tilapia merah bermula agak lambat. Program dimulakan dengan perbandingan prestasi pertumbuhan ikan tilapia merah yang diperolehi dari 8 lokasi. Tilapia dari 4 lokasi dengan prestasi pertumbuhan terbaik telah dikacukan untuk mendapatkan "strain Malaysia". Di dalam RMK-11, FRI Glami Lemi telah meneruskan langkah untuk menghasilkan baka tilapia yang cepat membesar dan rintang terhadap jangkitan *Streptococcus*. FRI bersama dengan WorldFish telah mula membangunkan baka tilapia merah ini dengan membuat kacukan di antara ikan tilapia merah strain Malaysia dengan strain Thailand dan Taiwan. Selain itu, kajian juga telah dijalankan untuk mencari penanda bagi gen cepat membesar dengan kerjasama pihak CMDV, MARDI.

Langkah-langkah dalam Program Pembiakbakaan

| | |
|----------------------------|--|
| <p>Pemilihan stok asas</p> | <p>Institut Penyelidikan Perikanan (FRI) bersama dengan WorldFish telah mula membangunkan baka tilapia merah ini dengan membuat kacukan di antara ikan tilapia merah strain Malaysia, Thailand dan Taiwan. Pembangunan baka tilapia merah dengan ciri cepat membesar ini telah menghasilkan generasi ke-6.</p> <p>Stok <i>founder</i> terdiri daripada 3 populasi iaitu pertama, diperolehi daripada kajian terdahulu bersama WorldFish generasi ke-6, ikan dari Pahang dan ikan yang terhasil daripada program ketahanan terhadap <i>Streptococcus</i> yang telah dijalankan oleh FRI Glami Lemi.</p> |
|----------------------------|--|

Penentuan penanda molekul ikan bagi ciri cepat membesar

Aktiviti ini dilakukan bersama dengan CMDV, MARDI
 Dua kumpulan tilapia merah hibrid dengan saiz yang ekstrem (paling besar dan paling kecil) daripada 3 sistem ternakan yang berbeza pada tempoh ternakan 3 bulan telah di sampel untuk pemeriksaan morfologi umum dan penentuan ciri DNA.



Tilapia dari sistem kolam



Tilapia dari sistem tangki

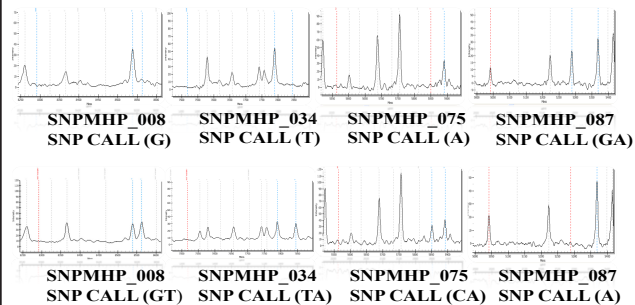


Tilapia dari sistem sangkar



Pemotongan sirip dorsal ikan sebagai sumber untuk ekstraksi DNA

Daripada 96 penanda "single polymorphism nucleotides" (SNP) yang diuji hanya 10 menunjukkan ciri fenotip ikan cepat membesar.



4 daripada 10 penanda SNP yang telah diperolehi.

Pemilihan induk untuk penyediaan stok asas (F_0)

Induk-induk ikan tilapia dari Jitra (N= 600 ekor, saiz 1 inci), Pahang (500 ekor, saiz 200 – 300 g) dan FRI Glami Lemi, (N=800 ekor, saiz 100 - 150 g) telah dipilih sebagai stok asas.



Induk dari Pahang



Induk FRI Glami Lemi



Induk dari Jitra

Ikan dari Jitra diasuh sehingga mencapai saiz induk. Ikan yang telah mencapai saiz induk diasingkan jantan dan betina selama 2 minggu sebelum boleh dikacukkan. Induk-induk akan ditanda dengan *PIT Tag*. Sirip ekor akan diambil dan diekstrak DNA bagi tujuan pengenalpastian trait cepat membesar menggunakan penanda yang telah dibangunkan.



Pengambilan sirip ekor

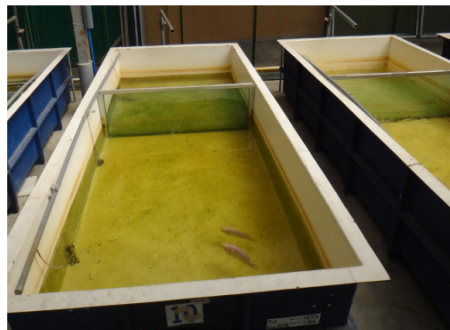
Kacukan penghasilan baka tilapia dijalankan secara 'full diallel' seperti Jadual 1 di bawah. Seekor ikan jantan akan dipasangkan dengan 2 ekor ikan betina di dalam tangki 2 mt daripada populasi yang sama. Induk jantan dan betina yang dipilih berdasarkan fenotip yang dikehendaki, dimasukkan ke dalam tangki kacukan. Sebanyak 10 pasangan kacukan dibuat untuk setiap kacukan bagi menghasilkan 90 famili.

Jadual 1: Kacukan bagi populasi asas

| Jantan ♂ \ Betina ♀ | P | J | C |
|---------------------|----|----|----|
| P | PP | JP | CP |
| J | PJ | JJ | CJ |
| C | PC | JC | CC |

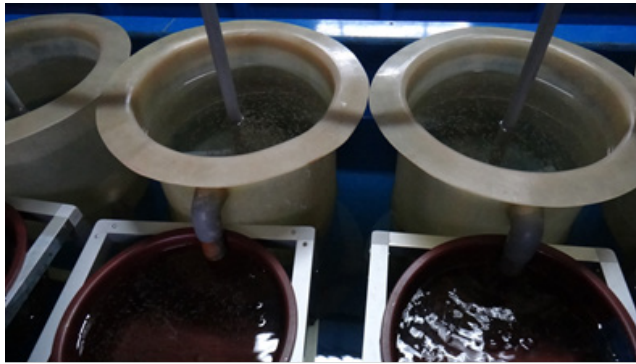
Nota: P- Pahang; J – Jitra; C – FRI Glami Lemi

Proses kacukan tilapia dijalankan secara semulajadi tanpa penggunaan hormon. Induk betina yang matang dikenalpasti dengan abdomen yang kembung, mengembang dan berwarna merah jambu pada genital papillanya serta liang genitalnya terbuka sepenuhnya. Bermula daripada hari ke 18 hingga hari ke 21, pemeriksaan ke atas induk betina akan dilakukan. Ikan betina yang mempunyai telur yang matang akan dikeluarkan dari mulutnya.



Tangki 2 mt untuk proses kacukan

Telur yang dikeluarkan akan dieram di dalam inkubator telur sehingga menetas. Jika rega diperolehi, ia akan terus di asuh di dalam hapa bersaiz 1 m². Telur dan rega yang terhasil akan dikira dan direkodkan.



Inkubator telur



Keseluruhan sistem inkubator telur di FRI Glami Lemi



Telur tilapia yang dihasilkan

Sebanyak 300 ekor rega akan di asuh di dalam hapa bersaiz 1 m² selama 1 bulan. Selepas itu 200 ekor anak ikan di asuh di dalam tangki 2 tan selama 1 bulan lagi sebelum dipindahkan ke tangki 5 mt untuk 1 bulan asuhan.



Asuhan rega di jalankan di dalam hapa




Selepas 3 bulan ikan akan di tanda dengan *PIT Tag*. Ikan yang telah ditanda akan dipindahkan ke kolam simen (5 ekor/m²) dan ditenak selama 5 bulan. Ikan di beri makanan rumusan komersial permulaan (*starter*) (2-3% berat badan), 2 kali sehari.



Ikan ditanda dengan *PIT Tag*



Baka tilapia dituai selepas 5 bulan

| | |
|--|---|
| <p>Penilaian prestasi populasi asas (G_0)</p> | <p>Selepas 5 bulan ternakan ikan akan disampel untuk berat badan dan ciri morfologi [panjang piawai (SL), lebar badan (BD), panjang kepala (HL), ketebalan badan (Bwid)].</p> <p>Prestasi famili yang terhasil daripada kacukan tersebut di atas telah dinilai daripada segi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Kaemandirian selepas ujian kerintangan ✓ berat badan awal dan akhir (g) ✓ panjang piawai (SL) ✓ lebar badan (BD) ✓ panjang kepala (HL) ✓ ketebalan badan (Bwid) |
| <p>Aktiviti merekod data ikan daripada kajian ternakan</p> | <div style="text-align: center;">  <p>Pemeriksaan morfologi ikan</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Ukuran ketebalan badan</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Ukuran panjang ikan</p> </div> </div> |

Ujian ketahanan terhadap jangkitan oleh *Streptococcus*

Sebanyak 10 hingga 30 ekor ikan daripada setiap famili akan diuji kerintangan terhadap *Streptococcus agalactiae*. Bilangan ini bergantung kepada jumlah ikan yang di tuai selepas 5 bulan melalui proses ternakan secara komuniti.

Kepekatan inokulum *S. agalactiae* yang digunakan ialah 10^8 CFU/ml. Suntikan sebanyak 0.1 ml/ 50 g berat ikan dilakukan pada bahagian *intra*peritoneal setiap ekor ikan.



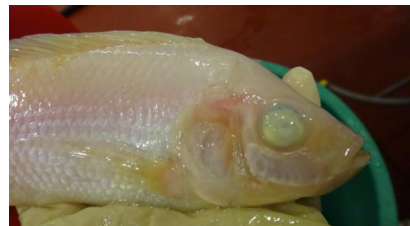
Suntikan inokulum yang mengandungi *S. agalactiae* di bahagian *intra*peritoneal.

Selepas suntikan semua ikan akan diletakkan di dalam tangki, di dalam makmal basah yang terkawal.



Tangki kajian kerintangan terhadap *Streptococcus*

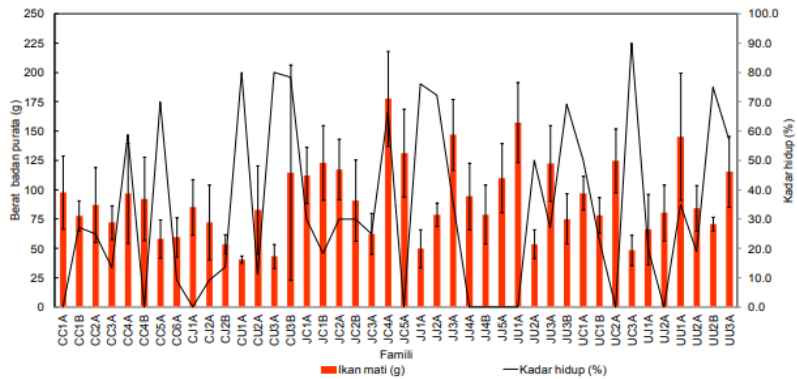
Pemantauan akan dilakukan setiap hari sehingga 14 hari, dan sebarang kematian akan direkodkan.



Kesan tindakbalas ikan pada suntikan larutan yang mengandungi *S. agalactiae*, warna kemerahan pada sirip dorsal dan pektoral serta selaput mata yang legap (*opaque*)

Keputusan

Daripada 42 famili yang diuji, hanya 14 famili telah menunjukkan kemandirian sebanyak 50% atau lebih.



Rajah 2: Peratusan kemandirian kumulatif tilapia dan purata berat ikan hidup dan mati.

Penghasilan generasi pertama G_1

Proses pemilihan induk adalah berdasarkan kemandirian yang tertinggi selepas ujian kerintangan terhadap *Streptococcus*. Sebanyak 30 famili telah dipilih untuk kacukan penghasilan generasi pertama F_1 .

Jadual 2: Keputusan ranking prestasi kemandirian bagi populasi asas tilapia

| Famili | Kemandirian | Famili | Kemandirian |
|--------|-------------|--------|-------------|
| 1 | 1.000 | 16 | 0.333 |
| 2 | 0.762 | 17 | 0.310 |
| 3 | 0.750 | 18 | 0.300 |
| 4 | 0.727 | 19 | 0.273 |
| 5 | 0.720 | 20 | 0.273 |
| 6 | 0.692 | 21 | 0.250 |
| 7 | 0.682 | 22 | 0.250 |
| 8 | 0.650 | 23 | 0.231 |
| 9 | 0.640 | 24 | 0.200 |
| 10 | 0.667 | 25 | 0.200 |
| 11 | 0.588 | 26 | 0.190 |
| 12 | 0.583 | 27 | 0.182 |
| 13 | 0.533 | 28 | 0.136 |
| 14 | 0.500 | 29 | 0.111 |
| 15 | 0.364 | 30 | 0.091 |

Sebagai contoh ikan jantan terbaik daripada famili 1 akan dikacukkan dengan ikan betina terbaik daripada famili 2. Manakala ikan jantan terbaik famili no. 2 akan dikacukkan dengan ikan betina terbaik famili no. 3 dan seterusnya.

Penghasilan generasi pertama F_2

Penghasilan generasi F_2 akan dijalankan setelah keputusan analisa prestasi F_1 selesai dilakukan.

Hasil

Sebanyak 31 famili F₁ telah dihasilkan. Sasaran pengeluaran induk baka adalah sebanyak 50 ribu ekor menjelang 2020. Sebanyak 7500 ekor baka telah diedarkan pada tahun 2019, manakala sebanyak 15,600 ekor baka telah diedarkan pada 2020. Jumlah sasaran selebihnya masih diperingkat asuhan dan kacukan induk secara berjadual.

Rujukan

Lucy T. 2005. Farming tilapia: life history and biology. The Fish Site. Available at <https://thefishsite.com/articles/tilapia-life-history-and-biology>.

Rakocy JE. 2005. Cultured Aquatic Species Information Programme. *Oreochromis niloticus*. Cultured Aquatic Species Information Programme. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 18 February 2005. [Cited 29 March 2020].

Thomas Popma and Michael Masser. 1999. Tilapia Life History and Biology. SRAC Publication No. 283.

Perangkaan Perikanan Tahunan, Jabatan Perikanan Malaysia. 2000 -2018. Boleh didapati di laman web <https://www.dof.gov.my/index.php/pages/view/82>

Ikan Kelah

Latarbelakang

Ikan Kelah (*Tor sp.*) atau Mahseer adalah spesies ikan bersisik besar, berbadan besar dengan rupabentuk fizikal yang menarik dari genus ikonik Cyprinidae. Di Sabah dan Sarawak ikan kelah dikenali sebagai Empurau. Di Malaysia, dikenali sebagai raja sungai, ikan kelah adalah salah satu spesies ikan yang diberi penekanan dalam pelan pembangunan akuakultur di Malaysia disebabkan oleh nilai komersil yang tinggi (Litis et al. 1997; Ng 2004). Ikan kelah boleh dikategorikan sebagai ikan makanan premier, ikan rekreasi serta ikan hiasan dengan harganya yang boleh mencecah sehingga RM1800.00 sekilo (Sin Chiew Daily, 2010).

Terdapat pelbagai spesies Kelah di dunia, namun di Malaysia, biasanya terdapat dua jenis utama iaitu *Tor tambroides* dan *Tor douronensis* (Mohsin dan Ambak 1983). Di dunia termasuk di Malaysia, projek pembangunan sungai, kemerosotan kualiti air serta impak antropogenik lain (contoh: spesies invasif) telah menyebabkan populasi ikan kelah mengalami tekanan yang serius. Walaupun mempunyai nilai ekonomi yang tinggi serta merupakan khazanah warisan Negara, populasi ikan kelah kekal terhad termasuk maklumat tentang biologi, biologi reproduktif dan autecology spesies ini.

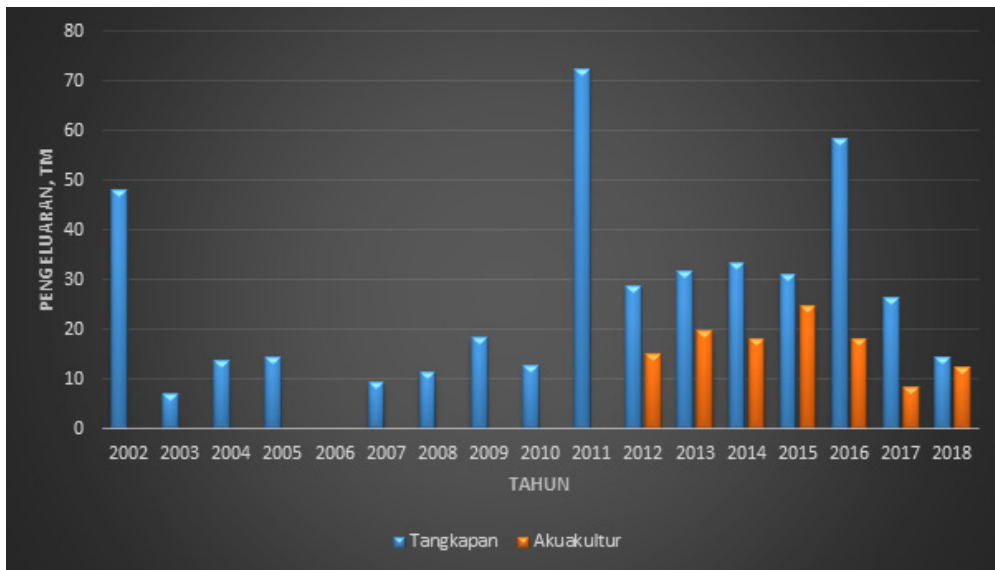
Habitat dan Biologi kelah

Ikan kelah banyak terdapat di India dan secara amnya di Asia Selatan. Ikan kelah mendiami sungai serta tasik, dan naik ke anak sungai berarus deras dengan dasar berbatu untuk membiak. Serupa dengan jenis ikan kap yang lain, ia merupakan omnivor dan makan bukan sahaja alga, krustasea, serangga, katak, dan ikan yang lain, tetapi juga buah-buahan yang jatuh daripada pokok-pokok. Antara negeri-negeri di Malaysia yang menjadi habitat ikan kelah ialah Kelantan, Terengganu, Pahang, Perak, Sabah dan Sarawak.

Ikan kelah hidup di habitat yang bersuhu sekitar 13–30°C. Secara umumnya ikan ini tidak akan mencapai kematangan seksual sehingga berumur lebih 4 tahun (Nautiyal, 1994) dan ikan jantan akan mencapai kematangan lebih awal dari betina. Ikan kelah secara semulajadi bersifat potamodromous iaitu ikan yang bermigrasi dalam lingkungan air tawar sahaja. Semasa musim hujan anak ikan kelah akan berenang ke hilir sungai. Kelah dewasa akan bergerak ke hulu sungai untuk bertelur.

Statistik Pengeluaran Ikan Kelah di Malaysia

Rajah di bawah menunjukkan pengeluaran kelah di Malaysia daripada aktiviti perikanan tangkapan dan akuakultur dari tahun 2012 hingga 2018. Pendaratan ikan kelah daripada perikanan tangkapan menunjukkan corak yang turun naik dari tahun 2002 hingga 2018. Pendaratan signifikan ikan kelah daripada aktiviti akuakultur di Malaysia hanya mula direkodkan dalam statistik perangkaan perikanan Jabatan Perikanan Malaysia semenjak tahun 2012. Pendaratan daripada akuakultur juga tidak menunjukkan corak peningkatan walaupun permintaan terhadap kelah adalah tinggi. Pengeluaran paling tinggi direkodkan pada tahun 2015 iaitu hanya sebanyak 24.7 tm. Data pengeluaran yang rendah ini disokong dengan teori tekanan dalam populasi kelah disebabkan faktor-faktor seperti projek pembangunan sungai, kemerosotan kualiti air serta impak antropogenik lain (seperti spesies invasif). Selain daripada itu terdapat juga pendapat yang mengatakan status pengeluaran yang direkodkan adalah di bawah dari nilai sebenar atau kurang dilaporkan. Ini adalah kerana hasil pemerhatian dan soal selidik secara kasar mendapati industri ternakan ikan kelah semakin berkembang.



Rajah 1: Pengeluaran ikan kelah dari aktiviti perikanan tangkapan dan akuakultur di Malaysia dari tahun 2002-2018



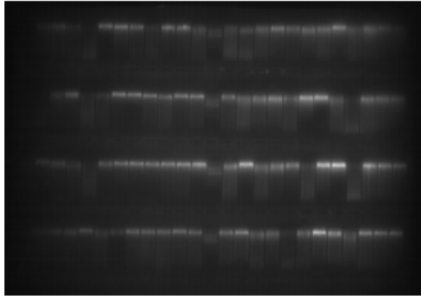
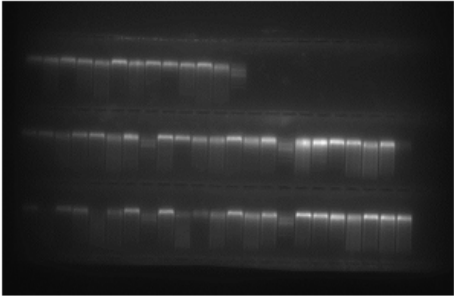
Program Penyelidikan Baka Ikan Kelah

Selain program pembiakan, FRI Glami Lemi juga turut menambahbaik kaedah atau teknik pembiakan aruhan dan teknologi pusat pembenihan ikan kelah. Umumnya program ini telah bermula semenjak tahun 2016 lagi melalui RMK-11.

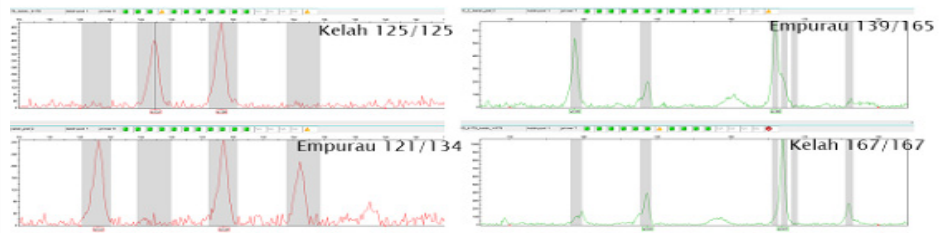
Memandangkan bekalan benih ikan kelah di pasaran amat terhad dan mahal, pengusaha di Malaysia bergantung sepenuhnya kepada benih liar. Ini juga boleh menyebabkan sumber ikan kelah di perairan negara mengalami kepupusan. FRI Glami Lemi, Negeri Sembilan aktif membangunkan baka-baka induk kelah yang berkualiti tinggi yang mempunyai kadar tumbesaran yang cepat. Objektif program adalah untuk:

1. Membangunkan stok bakal baka induk ikan kelah sebagai sumber baharu akuakultur.
2. Pembangunan akuakultur mapan ikan kelah melibatkan pengurusan induk, kaedah pembiakan, asuhan benih, ternakan, pemakanan, teknologi hatcheri dan kesihatan ikan
3. Mengurangkan sebanyak 30% kebergantungan benih kelah daripada sumber liar

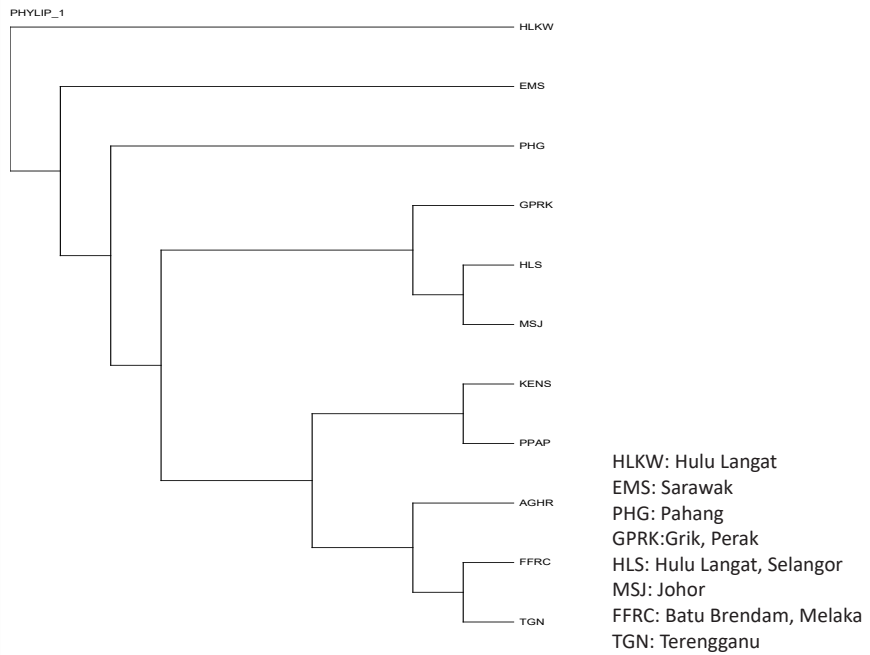
Langkah-Langkah dalam Program Penyelidikan Baka:

| <p>Perolehan induk liar</p> | <p>Induk-induk liar daripada lima lokasi telah dipilih dan dikumpulkan. Induk kelah tersebut diperolehi dari sungai-sungai di Terengganu, Pahang, Perak, Johor dan Sarawak. Induk-induk yang baru diperolehi tersebut akan menjalani proses kuarantin terlebih dahulu bagi menjamin tiada bawaan penyakit. Induk-induk yang bebas daripada sebarang penyakit akan di tanda menggunakan <i>PIT Tag</i> dan diaklimatisasikan dalam tangki Recirculating Aquaculture System (RAS) <i>indoor</i> yang dibangunkan di FRI Glami Lemi sehingga ia bersedia untuk tujuan pembiakan. Induk-induk ini akan diberi makanan komersial (34% protein, 6% lipid). Data kualiti air akan diambil setiap dua minggu. Induk-induk ini akan diperiksa fizikalnya setiap bulan bagi melihat kadar perkembangan sistem pembiakan. Berikut adalah jumlah induk yang telah berjaya dikumpul.</p> <p>Jadual 1: Jumlah bilangan induk dan purata berat bakal induk Kelah</p> <table border="1" data-bbox="390 510 1249 631"> <thead> <tr> <th>Stok kelah</th> <th>Pahang</th> <th>Perak</th> <th>Terengganu</th> <th>Johor</th> <th>Sarawak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Jumlah (ekor)</td> <td>30</td> <td>25</td> <td>20</td> <td>15</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Purata berat badan (kg)</td> <td>1.25</td> <td>0.9</td> <td>1.2</td> <td>0.8</td> <td>3.0</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="375 667 803 995" style="text-align: center;">  <p>Induk kelah dari stok Pahang</p> </div> <div data-bbox="841 667 1269 995" style="text-align: center;">  <p>Induk kelah dari stok Terengganu</p> </div> </div> | Stok kelah | Pahang | Perak | Terengganu | Johor | Sarawak | Jumlah (ekor) | 30 | 25 | 20 | 15 | 5 | Purata berat badan (kg) | 1.25 | 0.9 | 1.2 | 0.8 | 3.0 |
|--|--|------------|------------|-------|------------|-------|---------|---------------|----|----|----|----|---|-------------------------|------|-----|-----|-----|-----|
| Stok kelah | Pahang | Perak | Terengganu | Johor | Sarawak | | | | | | | | | | | | | | |
| Jumlah (ekor) | 30 | 25 | 20 | 15 | 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| Purata berat badan (kg) | 1.25 | 0.9 | 1.2 | 0.8 | 3.0 | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Perbandingan genetik induk kelah</p> | <p>DNA berkualiti tinggi telah disampel daripada 92 sampel sirip induk-induk dari pelbagai lokasi.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="369 1155 792 1453" style="text-align: center;">  </div> <div data-bbox="812 1155 1269 1453" style="text-align: center;">  </div> </div> <p style="text-align: center;">Gambar gel elektroforesis analisis genetik induk-induk ikan kelah</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Perbezaan dalam jarak genetik ditentukan



Rajah 2: Kesemua 92 sampel DNA kelah dan empurau yang dicirikan menggunakan 18 penanda Simple Sequence Repeats (18 SSR Marker). Hanya 4 penanda yang menunjukkan alel yang unik untuk membezakan kelah dan empurau.



Rajah 3: Dendrogram yang menunjukkan variasi populasi genetik ikan kelah yang digunakan dalam program ini

Pengurusan induk liar

Induk-induk liar akan diperiksa secara fizikal untuk mencari simptom serangan penyakit. Sekiranya terdapat tanda-tanda luar biasa atau simptom penyakit, induk akan disaring dan dirawat. Kesemua induk-induk ikan yang dibawa masuk ke dalam sistem RAS perlu dikuarantin selama 30 hari. Rawatan asas menggunakan garam NaCl (Natrium Klorida) sebanyak 1.0 ppt dan formalin pada kadar 25 ppm akan diaplikasi pada setiap tangki yang disediakan. Selepas melalui proses kuarantin, induk-induk ikan akan dimasukkan ke dalam tangki-tangki RAS bagi tujuan pengurusan induk.

Tangki RAS bersaiz 8 tm dan 5 mt telah dibangunkan oleh FRI Glami Lemi yang dilengkapi sistem penapis fizikal dan biologi digunakan sebagai tangki bagi induk Kelah. Kadar penstockan induk ikan adalah sebanyak 1-2 ekor per mt. Kadar purata kualiti air yang dicatatkan menggunakan sistem RAS adalah seperti berikut :

Jadual 1: Bacaan kualiti air dalam tangki RAS

| Parameter | Bacaan kualiti air |
|------------------------|--------------------|
| Suhu (°C) | 24.35 ± 0.06 |
| pH | 7.11 ± 0.03 |
| Oksigen terlarut (ppm) | 7.92 ± 0.16 |
| NH ₄ (mg/L) | 0.23 ± 0.04 |
| NO ₂ (mg/L) | 0.18 ± 0.02 |



Kemudahan tangki RAS 5 tm



Kemudahan tangki RAS 8 tm

Pengurusan pembenihan

Induk-induk yang telah menunjukkan perkembangan sistem pembiakan akan diasing untuk menjalani program pembiakan aruhan melalui kaedah kacukan diallel (seperti dalam jadual 2). Induk-induk akan diambil berat badan (BW). Penggunaan hormon OVAPRIM akan digunakan bagi merangsang pengeluaran telur. Dos yang digunakan bagi induk betina ialah 0.6ml/BW. Manakala induk jantan pula ialah 0.3ml/BW. Nisbah jantan kepada betina adalah 1 : 1 (1♂ × 1♀). Penetasan dan asuhan setiap famili dijalankan secara berasingan di dalam sistem asuhan yang direka khas untuk benih kelah.

Jadual 2: Jadual program pembiakan (*Full diallel cross*) bagi ikan Kelah

| Jantan \ Betina | P | T | PK | S | J |
|-----------------|-----|-----|------|-----|-----|
| P | PP | PT | PPK | PS | PJ |
| T | TP | TT | TPK | TS | TJ |
| PK | PKP | PKT | PKPK | PKS | PKJ |
| S | SP | ST | SPK | SS | SS |
| J | JP | JT | JPK | JT | JJ |

Nota: P – Pahang, T – Terengganu, PK – Perak, S – Sarawak, J - Johor
 3 × 15 kacukan = 45 famili, = 50 ekor/famili = 2,250 ekor

Hasil aktiviti pembenihan secara kaedah pembiakan aruhan yang telah dijalankan telah menghasilkan sebanyak 75 famili.

Jadual 3: Jumlah famili F₀ yang telah dihasilkan

| Jantan \ Betina | J | P | PK | T | S |
|-----------------|---|---|----|---|---|
| J | 5 | 5 | | 4 | |
| P | 6 | 7 | | 6 | 3 |
| PK | 7 | 8 | 1 | 7 | 1 |
| T | 2 | 4 | 3 | 5 | |
| S | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 |

P: Pahang,
 T: Terengganu,
 PK: Perak,
 S: Sarawak,
 J: Johor

75 set famili F₀ telah diperolehi



Aktiviti pembiakan induk Kelah sedang dijalankan



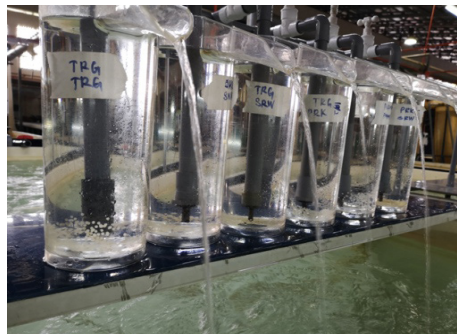
Pembiakan secara aruhan dijalankan ke atas induk yang telah matang

Pengurusan nurseri dan ternakan berciri biosekuriti

Benih-benih ikan akan di asuh didalam sistem asuhan secara berasingan mengikut famili berbeza sehingga mencapai saiz 1.0 cm. dan akan dihantar ke Pusat Penggandaan Baka (BMC) yang berkonsepkan biosekuriti. Sehingga kini, sebanyak 6,000 benih Kelah daripada 45 famili generasi 0 (G_0) telah diperolehi dan di asuh di dalam tangki secara berasingan mengikut famili yang telah dibangunkan. Protokol pengurusan di peringkat nurseri yang melibatkan teknologi ternakan *indoor* berciri biosekuriti, pemakanan, pengurusan kualiti air dan pengawalan penyakit akan dibangunkan. Setelah itu benih tersebut akan dibesarkan secara bersama / komuniti di dalam tangki *indoor* sehingga mencapai saiz 100g untuk proses penyaringan ciri genetik terbaik. 50 ekor bakal baka terpilih dari setiap famili akan ditanda dengan PIT Tag dan dipindahkan ke tangki ternakan SPF sehingga ia mencapai saiz kematangan melebihi 1.2 kg atau dijangkakan 2.5 tahun. Pengumpulan data morfometrik (panjang keseluruhan dan berat badan) akan dijalankan setiap bulan. Data biologi pembiakan juga akan dikumpulkan seperti paras hormon dan lain-lain.



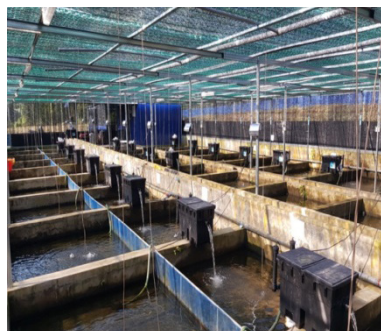
Sistem asuhan kelah yang dibangunkan



Sistem penetasan kelah yang dibangunkan



Benih dari salah satu famili yang dihasilkan



Kemudahan BMC ikan kelah yang sedang dibangunkan

Pengurusan kesihatan ikan

Jadual 4: Jenis serangan patogen yang dikenalpasti adalah seperti berikut

| Jenis | Kadar kematian | Rawatan |
|--|----------------|--|
| Parasit <i>Piscinoodinium</i> sp. (Velvet disease) | 40% 60% | 0.3 – 0.5ppm Kuprum sulfat (CuSO ₄) - 3 kali rawatan berterusan |
| Parasit <i>Ichthyophthirius</i> sp. (White spot) | 40% | 25ppm Formalin 1 ppt NaCl (garam) - 3 kali rawatan berterusan |
| Bakteria <i>Aeromonas hydrophilla</i> | 55% | SirehMax 100ppm (aplikasi pada makanan ikan) - 7 hingga 14 hari pemberian makanan terawatt |
| Kulat <i>Saprolegnia</i> sp. | Tiada | Methylene blue 0.5-1.0 ppm |



Ichthyophthirius sp. (White spot)



Kelah yang diserang oleh parasit



Kelah yang diserang oleh bakteria



Kelah yang dijangkiti oleh *Saprolegnia* sp

Program pembiakbakaan ikan kelah telah menghasilkan beberapa kejayaan. Antaranya ialah 75 famili daripada empat kumpulan (batch) telah dikumpulkan dan kini kumpulan pertama telah mencapai berat badan 500g. Selain daripada itu dua inovasi telah dihasilkan daripada program ini iaitu sistem penetasan dan sistem asuhan ikan kelah. Sistem penetasan dapat meningkatkan kadar penetasan daripada 60% kepada 80% dan sistem asuhan dapat meningkatkan kadar hidup benih ikan kelah. Selain itu juga makanan kematangan telah dihasilkan dimana ia dapat meningkatkan kadar pusingan kematangan gonad. Ikan kelah kini dapat dibiak setiap bulan berbanding sebelum ini hanya sekali setahun pembiakan aruhan dapat dijalankan.

Rujukan

Empurau the Most Expansive Fish. Sin Chiew Daily, 27 Mac 2010.

Litis BA, Sungan S, Jugang K, Ibrahim M and Bin HA. 1997. Features of indigenous fish spesies having potential for aquaculture. Sarawak: Inland Fisheries Division, Department of Agriculture.

Mohsin AKM and MA Ambak 1983. Freshwater fishes of Peninsular Malaysia. Penerbit Universiti Pertanian Malaysia, Malaysia. 284 p.

Ng, C.K. (2004). Kings of the Rivers: Mahseer in Malaysia and the Region. Kuala Lumpur: Inter Sea Fishery.

Perangkaan Perikanan Tahunan, Jabatan Perikanan Malaysia. 2002 -2018. Boleh didapati di laman web <https://www.dof.gov.my/index.php/pages/view/82>

Ikan Patin Buah

Latarbelakang

Patin buah (*Pangasius nasutus Bleeker, 1863*) merupakan salah satu spesies ikan air tawar asli yang bernilai tinggi. Mempunyai harga pasaran yang baik, selain peningkatan tekanan terhadap sumber liar yang menyebabkan populasinya semakin berkurangan. Oleh sebab itu, ia berpotensi untuk dibangunkan sebagai spesies baharu akuakultur. Tambahan pula, keperluan meneroka sumber baru bagi menambah penghasilan sumber perikanan selain daripada pemuliharaan stok liarnya. Bagi meneroka prospek terbaik ikan asli ini, pengetahuan asas biologi perlu dikumpulkan. Sungguhpun ia masih di peringkat awal program, perkembangan terkini dalam usaha pembiakan menunjukkan pencapaian yang menggalakkan.

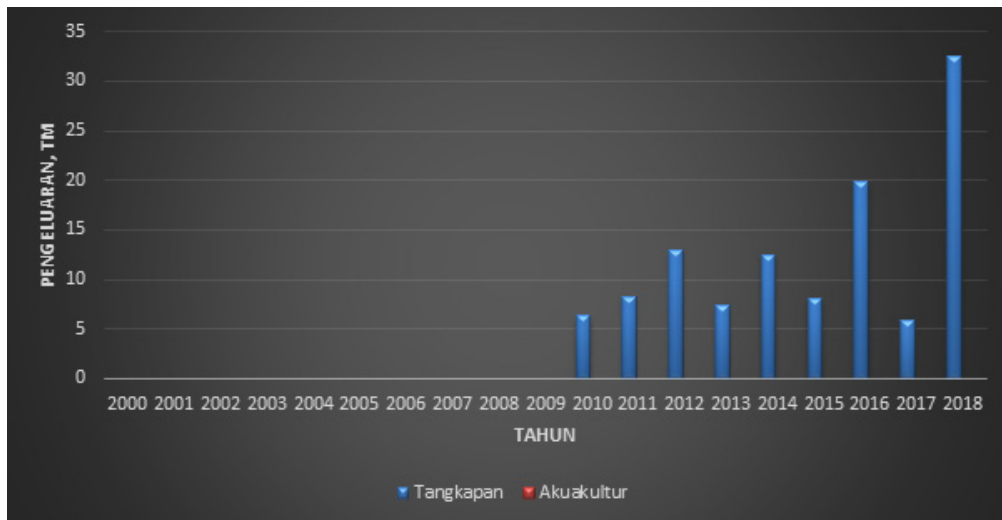
Seiring dengan peningkatan permintaan terhadap ikan patin buah namun tiada pusat pembenihan atau pengusaha yang menghasilkan benih. Penyediaan benih patin buah yang berkualiti memerlukan induk yang berkualiti. Penghasilan calon induk yang berkualiti memakan masa yang lama telah menyebabkan kurangnya penglibatan penternak untuk mengusahakannya sendiri. Dengan itu adalah menjadi tanggungjawab kerajaan dalam menghasilkan induk yang berkualiti ini. Jabatan Perikanan, khususnya FRI Glami Lemi telah diberi tanggungjawab dalam menjayakan program ini.

Biologi dan Habitat Patin Buah

Ikan patin buah merupakan spesies ikan dari pada jenis Pangasidae yang memiliki ciri-ciri umum seperti tidak bersisik, mempunyai dua sengat di kiri kanan dan satu di belakang badan dan mempunyai isi yang lembut. Saiznya boleh mencecah 1 m panjang dan beratnya boleh menjangkau 20 kg. Kadar tumbesaran ikan patin buah perlahan, peratus kemandirian yang rendah, dan ia sukar dibiak di dalam perairan domestik. Diet utama spesies ini adalah buah-buahan dari pokok di tepi sungai, udang dan kerang-kerangan. Ikan patin buah mendiami sungai-sungai besar. Antara sungai yang menjadi habitat ikan Patin Buah di Malaysia ialah Sungai Pahang dan Sungai Perak. Namun ikan ini sukar diperolehi dari Sungai Perak disebabkan oleh pembangunan yang dijalankan seperti pembinaan empangan hidro elektrik yang telah merencatkan proses migrasi ikan patin buah untuk membiak.

Statistik Pengeluaran Ikan Patin Buah di Malaysia

Daripada jadual pendaratan ikan patin buah seperti di bawah, dapat disimpulkan pengeluaran signifikan ikan patin buah adalah daripada aktiviti Perikanan Darat. Tiada hasil pengeluaran daripada sumber akuakultur direkodkan kerana tiada pusat pembenihan swasta yang dapat menghasilkan benih patin buah. Ini disebabkan oleh sifat patin buah itu sendiri yang amat sukar untuk didomestikasikan. Kepakaran dalam menjalankan pembiakan aruhan ikan patin buah itu sendiri amat kurang. Justeru, tiada pengeluaran daripada sektor akuakultur direkodkan. Daripada sektor perikanan darat, pendaratan ikan patin buah hanya direkodkan bermula pada tahun 2010. Pendaratan ikan patin buah menunjukkan corak yang turun naik dari tahun 2010 hingga 2018 dan hanya direkodkan di Sungai Pahang. Pendaratan paling tinggi direkodkan pada tahun 2018, dengan hasil sebanyak 32.50 tm. Data pendaratan yang tidak menentu ini disebabkan oleh keadaan populasi ikan patin buah yang tidak menentu dan ia semakin berkurang disebabkan oleh eksploitasi secara berlebihan dan kemusnahan habitat.





Rajah 1: Pendaratan ikan patin buah di Malaysia

Program Penyelidikan Baka Ikan Patin Buah

Memandangkan tiada hatcheri yang menghasilkan bekalan benih ikan patin buah di pasaran, penternak di Malaysia bergantung sepenuhnya kepada ikan liar dan ia boleh menyebabkan sumber ikan patin buah mengalami kepupusan. Bagi memenuhi permintaan ikan patin buah di pasaran, FRI Glami Lemi telah menjalankan program pembangunan baka ikan patin buah. Dalam program ini, pembangunan serta menambahbaik kaedah atau teknik pembiakan aruhan, kaedah asuhan dan teknologi hatcheri seperti sistem asuhan dititikberatkan. Umumnya program ini telah bermula semenjak tahun 2016 lagi melalui RMK-11. Di bawah skop R&D Akuakultur: Pembangunan Sumber Baharu. Di bawah aktiviti ini, FRI Glami Lemi, Negeri Sembilan aktif membangunkan baka-baka induk patin buah yang berkualiti tinggi yang mempunyai kadar tumbesaran yang cepat. Objektif program adalah untuk:

1. Membangunkan stok bakal baka induk ikan patin buah sebagai sumber baharu akuakultur.
2. Pembangunan akuakultur mapan ikan melibatkan pengurusan induk, kaedah pembiakan, asuhan benih, ternakan, pemakanan dan kesihatan ikan
3. Mengurangkan sebanyak 30% kebergantungan benih patin buah daripada sumber liar

Langkah-Langkah dalam Program Penyelidikan Baka

| <p>Perolehan induk liar</p> | <p>Induk-induk liar daripada tiga lokasi telah dipilih dan dikumpulkan. Induk patin buah tersebut diperolehi dari daerah di sepanjang Sungai Pahang iaitu F1 FRI Glami Lemi, Maran dan Temerloh. Induk-induk yang baru diperolehi tersebut menjalani proses kuarantin terlebih dahulu bagi menjamin tiada bawaan penyakit. Induk-induk yang bebas daripada sebarang penyakit akan ditanda menggunakan <i>PIT Tag</i> dan diaklimatisasikan dalam kolam tanah di FRI Glami Lemi sehingga ia bersedia untuk tujuan pembiakan. Induk-induk ini akan diberi makan makanan komersial (34% protein, 6% lipid). Data kualiti air akan diambil setiap bulan. Induk-induk ini akan diperiksa fizikalnya setiap tiga bulan bagi melihat kadar perkembangan sistem pembiakan. Berikut adalah jumlah induk yang telah berjaya dikumpul.</p> <p>Jadual 2: Jumlah bilangan induk dan purata berat bakal induk patin buah</p> <table border="1" data-bbox="387 489 1253 647"> <thead> <tr> <th>Stok Patin Buah</th> <th>F1 FRI Glami Lemi</th> <th>Lubok Paku</th> <th>Temerloh</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Jumlah (ekor)</td> <td>20</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Purata berat badan (kg)</td> <td>2.5</td> <td>2.5</td> <td>2.6</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div data-bbox="365 687 792 979">  <p>Induk patin buah dari stok F₁ FRI Glami Lemi</p> </div> <div data-bbox="821 687 1268 979">  <p>Induk patin buah dari stok Maran</p> </div> </div> | Stok Patin Buah | F1 FRI Glami Lemi | Lubok Paku | Temerloh | Jumlah (ekor) | 20 | 20 | 20 | Purata berat badan (kg) | 2.5 | 2.5 | 2.6 |
|------------------------------|--|-----------------|--------------------|------------|--------------|----------------------|-------------|------------------------|-------------|-------------------------|-------------|------------------------|-------------|
| Stok Patin Buah | F1 FRI Glami Lemi | Lubok Paku | Temerloh | | | | | | | | | | |
| Jumlah (ekor) | 20 | 20 | 20 | | | | | | | | | | |
| Purata berat badan (kg) | 2.5 | 2.5 | 2.6 | | | | | | | | | | |
| <p>Pengurusan induk liar</p> | <p>Induk-induk liar akan diperhatikan secara fizikal melalui simptom penyakit. Sekiranya terdapat tanda-tanda luar biasa atau simptom penyakit, ikan akan disaring dan dirawat. Rawatan asas iaitu garam NaCl (Natrium Klorida) sebanyak 1.0 ppt dan formalin pada kadar 25 ppm akan diaplikasi. Manakala, kesemua induk-induk ikan yang sihat diletak dalam kolam tanah mengikut lokasi stok. Amalan ini dilakukan kerana induk ikan patin buah ini amat sensitif dan mudah mati. Kadar penstockan ikan patin buah ialah 1 - 2 ekor per meter persegi. Air kolam induk mestilah ditukar dalam kadar 10% setiap hari. Kualiti air direkodkan setiap bulan. Parameter kualiti air yang direkodkan di kolam induk adalah seperti berikut :</p> <p>Jadual 3: Bacaan kualiti air di kolam induk</p> <table border="1" data-bbox="496 1302 1144 1520"> <thead> <tr> <th>Parameter</th> <th>Bacaan kualiti air</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Suhu (°C)</td> <td>24.35 ± 0.06</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>7.11 ± 0.03</td> </tr> <tr> <td>Oksigen Terlarut (ppm)</td> <td>7.92 ± 0.16</td> </tr> <tr> <td>NH₄ (mg/L)</td> <td>0.23 ± 0.04</td> </tr> <tr> <td>NO₂ (mg/L)</td> <td>0.18 ± 0.02</td> </tr> </tbody> </table> | Parameter | Bacaan kualiti air | Suhu (°C) | 24.35 ± 0.06 | pH | 7.11 ± 0.03 | Oksigen Terlarut (ppm) | 7.92 ± 0.16 | NH ₄ (mg/L) | 0.23 ± 0.04 | NO ₂ (mg/L) | 0.18 ± 0.02 |
| Parameter | Bacaan kualiti air | | | | | | | | | | | | |
| Suhu (°C) | 24.35 ± 0.06 | | | | | | | | | | | | |
| pH | 7.11 ± 0.03 | | | | | | | | | | | | |
| Oksigen Terlarut (ppm) | 7.92 ± 0.16 | | | | | | | | | | | | |
| NH ₄ (mg/L) | 0.23 ± 0.04 | | | | | | | | | | | | |
| NO ₂ (mg/L) | 0.18 ± 0.02 | | | | | | | | | | | | |



Hapa asuhan untuk benih patin buah di FRI Glami Lemi



Kolam induk patin buah di FRI Glami Lemi

Pengurusan pembenihan

Induk-induk akan diperiksa setiap tiga bulan dan induk yang menunjukkan perkembangan famili pembiakan akan diasing untuk menjalani program pembiakan aruhan melalui kaedah kacukan silang 'Full diallel' (seperti dalam Jadual 4). Induk-induk akan diambil berat badannya (BW). Hormon Human Chorionic Gonadotropin (hCG) dan OVAPRIM digunakan bagi merangsang pengeluaran telur. Dos yang digunakan bagi induk betina ialah 500 I.U/BW hCG dan 0.6 ml/BW OVAPRIM. Manakala induk jantan pula ialah 0.3 ml/BW. Nisbah jantan kepada betina adalah 1 : 1 (1♂ × 1♀). Penetasan dan ternakan setiap famili dijalankan secara berasingan di dalam sistem asuhan yang direka khas untuk benih Patin Buah.

Jadual 4 : Jadual program pembiakan (kacukan *Full diallel*) bagi ikan patin buah

| GL \ Lokasi | | ♀ | | |
|-------------|---|----|----|----|
| | | G | L | T |
| ♂ | G | GG | GL | GT |
| | L | LG | LL | LT |
| | T | TG | TL | TT |

G = F1 FRIGL, L = Lubok Paku, T= Temerloh
 3 × 15 kacukan = 45 famili, = 50 ekor/famili = 2,250 ekor

Hasil aktiviti pembenihan secara kaedah pembiakan aruhan yang telah dijalankan telah menghasilkan sebanyak 11 famili.

Jadual 5: Jumlah family F₀ yang telah dihasilkan

| GL \ Lokasi | | ♀ | | |
|-------------|---|---|---|---|
| | | G | L | T |
| ♂ | G | 2 | 1 | 1 |
| | L | - | - | - |
| | T | 3 | 3 | 1 |

G = F1 FRIGL, L = Lubok Paku, T= Temerloh
 11set family F₀ telah diperolehi



Aktiviti pembiakan induk patin buah sedang dijalankan



Telur patin buah siap untuk disenyawakan

Pengurusan nurseri dan pengurusan ternakan

Benih-benih ikan akan di asuh di dalam famili asuhan secara berasingan mengikut famili berbeza sehingga mencapai saiz 1 cm dan akan dihantar ke jaring hapa. Sehingga kini, sebanyak 2,000 benih patin buah daripada 11 famili generasi 0 (F_0) telah diperolehi dan di asuh di dalam hapa secara berasingan mengikut famili yang telah dibangunkan. Protokol pengurusan di peringkat nurseri melibatkan teknologi ternakan di dalam happa, pemakanan, pengurusan kualiti air dan pengawalan penyakit akan di bangunkan. Setelah itu benih tersebut akan dibesarkan secara famili/komuniti di dalam tangki indoor SPF sehingga mencapai saiz 100 g untuk proses penyaringan ciri famili terbaik. Sejumlah 50 ekor bakal baka terpilih daripada setiap famili akan ditanda dengan *PIT Tag* dan dipindahkan ke tangki ternakan sehingga ia mencapai saiz kematangan melebihi 1.5 kg selama lebih kurang 2 tahun. Pengumpulan data morfometrik (Panjang keseluruhan ikan, Berat badan ikan) akan dijalankan setiap bulan. Data biologi pembiakan juga akan dikumpulkan seperti paras kepekatan hormon, famili dan lain-lain.



Sistem penetasan "hatching funnel" digunakan untuk mengeram telur ikan patin buah yang telah tersenyawa



Sistem asuhan untuk mengasuh benih yang berusia daripada 2 minggu sehingga mencapai saiz 1 inci



Sangkar asuhan untuk benih yang bersaiz 1 inci ke atas

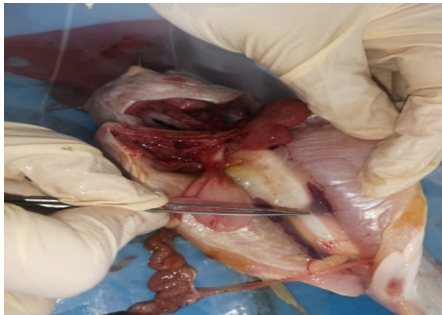


Kemudahan NBC patin buah yang sedang dibangunkan

Pengurusan
kesihatan ikan

Jenis serangan patogen yang dikenalpasti adalah seperti berikut

Kajian dan pemantauan penyakit terhadap ikan patin buah sedang dijalankan. Sampel untuk pengenalpastian patogen yang terlibat sedang giat dijalankan.



Pemeriksaan organ dalaman induk patin buah yang mati



Induk patin buah sedang menjalani proses kuarantin



Benih patin buah yang diserang oleh bakteria



Patin buah yang dijangkiti oleh sp bakteria

Hasil

Program pembaikbakaan ikan patin buah telah menampakkan hasil yang memberangsangkan terutama daripada segi pengurusan induk dan kaedah pembenihan yang dijalankan dimana kadar penetasan telah dapat ditingkatkan daripada 40% kepada 60%. Dari aspek asuhan pula, sistem asuhan yang bangunkan dapat meningkatkan kadar hidup daripada 50% kepada 70%. Sehingga kini terdapat 11 famili F₀ telah berjaya dikumpulkan untuk dibesarkan dan dijadikan induk.

Rujukan

Haslawati B, Rizman-Idid M, Sekaran M, Zakaria-Ismail M. 2014. The occurrence of *Pangasius polyuranodon* Bleeker 1852 (Teleostei: Pangasiidae) in Peninsular Malaysia with remarks on the comparative morpholgy with *Pseudolais micronemus* Bleeker (1847). *Sains Malaysiana*. 43 (11): 1707-1714.

Hassan, Mohd Zafri 2006. Morphology and General Reproductive Stages of *Pangasus nasutus* From Sg. Pahang in Maran District, Pahang, Malaysia. Masters thesis, Universiti Putra Malaysia.

Perangkaan Perikanan Tahunan, Jabatan Perikanan Malaysia. 2010 -2018. Boleh didapati di laman web <https://www.dof.gov.my/index.php/pages/view/82>

BAB 3: ISU DAN CABARAN, PERSPEKTIF MASA HADAPAN DAN PENUTUP

Isu dan cabaran

Terdapat isu dan cabaran yang umum dan spesifik dalam menjalankan program penyelidikan baka:

Umum

- Mendapatkan calon populasi asas yang sesuai (mempunyai variasi genetik yang tinggi)
- Mendapatkan bilangan induk yang mencukupi dan menepati ciri yang dikehendaki untuk pembentukan populasi asas.
- Jangkitan penyakit (contohnya infestasi lintah laut (*Zeylanicobdella arugamensis*) pada kerapu; jangkitan iridovirus dan viral nervous necrosis (VNN) pada siakap putih; Streptococcosis dan Tilapia Lake Virus (TiLV) dalam tilapia merah; penyakit bintik putih (white spot disease) pada udang harimau; serangan parasit *Psynodinium* terhadap kelah, serangan bakteria dan parasit (*Saprolegnia* sp) terhadap patin buah.
- Kekurangan pengetahuan berkaitan keperluan kuantitatif nutrien, interaksi dan metabolisme untuk setiap spesies
- Maklumat keperluan nutrisi ikan yang terhad contohnya diet yang mampu merangsang kematangan gonad.
- Maklumat husbandari dan kaedah domestikasi baka yang terhad terutama untuk spesies yang baharu hendak dikomersilkan
- Kekurangan infrastruktur terutamanya kolam dan tangki yang diperlukan untuk menempatkan famili dan seterusnya baka yang berjaya dihasilkan
- Memerlukan kemudahan pembiakan, asuhan dan ternakan yang mencukupi dan lengkap di satu tempat.
- Sumber air yang bersih dan mencukupi.
- Kos pembangunan, operasi, dan penyelenggaraan pusat pengeluaran benih yang tinggi.

Spesifik

Terdapat juga cabaran khusus untuk spesies tertentu berikutan sifat biologi dan fisiologi semulajadi ikan yang unik seperti:

| Spesies | Cabaran |
|----------------|--|
| Siakap | <ul style="list-style-type: none">• Tempoh untuk mencapai tahap kematangan yang lama (2-3 tahun).• Perubahan jantina secara biologi – induk jantan bertukar menjadi betina (protandrus hermafrodit).• Memerlukan perancangan program pembiakbakaan yang terancang - bilangan induk jantan perlu sentiasa mencukupi. |
| Kerapu Harimau | <ul style="list-style-type: none">• Tempoh untuk mencapai tahap kematangan yang lama (2-3 tahun).• Perubahan jantina secara biologi – induk betina bertukar menjadi jantan (protogenus hermafrodit).• Memerlukan perancangan program pembiakbakaan yang terancang - bilangan induk jantan perlu sentiasa mencukupi. |
| Tilapia merah | <ul style="list-style-type: none">• Penanda bagi ciri cepat membesar yang dibangunkan dengan kerjasama CMDV masih belum boleh digunakan kerana kekurangan tenaga mahir untuk mengendalikannya. |
| Kelah | <ul style="list-style-type: none">• Tempoh pelepasan telur yang tidak diketahui, kebanyakan induk yang dijangka bersedia dari segi kematangan didapati telah melepasi tempoh ovulasi (<i>Over ripe</i>). |

| | |
|---------------|--|
| Udang Harimau | <ul style="list-style-type: none"> • Udang memerlukan tempoh masa yang panjang untuk mencapai saiz induk matang. • Proses penghasilan kohot yang sukar kerana persenyawaan induk berlaku semasa induk betina bersalin kulit. Jangkamasa induk menyalin kulit yang sukar dijangka menyebabkan proses persenyawaan untuk penghasilan benih setiap kohot tidak berlaku serentak. • Proses penandaan (tagging) dan mengenalpasti penanda yang sukar ke atas benih kerana spesies ini menyalin kulit sepanjang tempoh membesar menyebabkan penanda tertanggal. |
| Udang Galah | <ul style="list-style-type: none"> • Proses penandaan dan mengenalpasti penanda yang sukar kerana proses menyalin kulit udang galah semasa membesar menyebabkan penanda tertanggal. • Julat kadar tumbesaran yang berbeza antara udang jantan dan betina. |
| Patin Buah | <ul style="list-style-type: none"> • Induk liar (<i>Founder stock</i>) amat sukar untuk diperolehi – memerlukan tempoh yang lama untuk mengumpunya. • Induk liar dikhuatiri telah bercampur dengan baka patin lain terutamanya patin kemojo • Induk liar sukar untuk didomestikasi disebabkan sifat liarnya yang ketara. • Keadaan benih patin buah yang amat sensitif terhadap perubahan persekitaran • Memerlukan perancangan dan kerjasama dengan nelayan darat untuk mengumpul induk. • Infrastruktur untuk menyimpan induk juga perlu lengkap dan sesuai bagi memastikan induk yang diperolehi sihat. |

Perspektif Masa Hadapan

RMK-11 kian tiba ke penghujungnya menjelang Disember 2020. Namun kelangsungan kerja penyelidikan pembangunan baka mesti diteruskan dan tidak boleh berhenti di sini. Program penyelidikan ini perlu diteruskan dengan penambahbaikan dari masa ke semasa. Berikut adalah cadangan-cadangan aktiviti yang perlu diteruskan supaya hasil yang tercapai dari RMK-11 ini dapat ditambahbaik dan seterusnya dapat diterjemahkan kepada peningkatan dalam produktiviti sektor akuakultur di Malaysia:

Bagi FRI, perkara seperti yang digariskan di bawah perlu diberi perhatian dalam menambahbaik program penyelidikan pembangunan baka ini dalam RMK12.

- Mengenalpasti baka yang terbaik untuk kajian penghasilan generasi ke- 2, ke-3 dan seterusnya untuk meneruskan kerja-kerja yang telah dimulakan dalam RMK-11.
- Menyediakan pelan operasi piawai (SOP) dan manual berkaitan pengurusan baka yang lengkap dengan maklumat dalam bentuk yang mudah difahami pengusaha atau penternak.
- Menyediakan panduan ringkas dalam bentuk poster atau risalah poket untuk rujukan pengusaha dan pekerja Pusat Penggandaan Baka (BMC).
- Pengagihan baka berkualiti untuk BMC yang mempunyai fasiliti pusat pembenihan dengan sistem biosekuriti.
- Memberi latihan, khidmat nasihat dan lawatan berkala kepada pengusaha BMC.
- Menubuhkan satu jaringan kumpulan pakar untuk tujuan pemindahan teknologi pembangunan baka kepada BMC komersil ikan marin, ikan air tawar dan udang bagi memudahkan penyaluran maklumat serta pemindahan teknologi yang seragam.
- Melaksanakan kerjasama rasmi yang terancang dengan outcome dan output yang khusus antara FRI dengan pengusaha swasta yang mempunyai komitmen dan keupayaan.

Bahagian Pembangunan Akuakultur, Jabatan Perikanan pula boleh membantu FRI mengenalpasti pengusaha swasta yang dapat berfungsi sebagai BMC dan mempunyai komitmen tinggi untuk mengikuti SOP yang telah dibangunkan oleh FRI. Sebagai dorongan, Jabatan boleh mengiktirafkan status BMC agar pengusaha akuakultur merasa yakin dengan benih yang dikeluarkan oleh BMC tersebut. Pengiktirafan boleh dilaksanakan melalui pemberian sijil dan pemantauan berkala daripada auditor Jabatan Perikanan. Setiap negeri di Malaysia perlu mempunyai sekurang-kurangnya satu BMC untuk setiap spesies yang telah dikenalpasti.

Penutup

Perkembangan akuakultur di Malaysia masih di tahap yang rendah jika dibandingkan dengan status akuakultur di negara Asia yang lain. Walaupun kerajaan telah menyediakan banyak sokongan dari segi penyediaan dasar dan polisi yang berkaitan, peruntukan kewangan dan kemudahan infrastruktur dalam meningkatkan pembangunan dalam sektor ini, namun masih terdapat pelbagai faktor lain yang merencatkan perkembangan sektor akuakultur negara. Antara jalan penyelesaian yang mampu dibuat adalah penyelidikan bersepadu dalam bidang akuakultur.

Penyelidikan pembangunan baka perlu menjadi asas dan teras dalam perkembangan akuakultur negara. Dalam skop pembangunan baka, pemurnian teknologi sedia ada dan protokol pengurusan baka adalah penting untuk mengekalkan keadaan terbaik untuk program pembiakbakaan. Diet pemakanan dan jangkitan penyakit adalah antara 2 faktor kritikal yang menjadi penghalang dalam pembangunan baka semua spesies ternakan. Masih ada jurang dalam pengetahuan mengenai mekanisma luaran dan dalaman yang mengawal gametogenesis dan peneluran. Bagaimana ikan dewasa terangsang, perubahan reaksi dan bertindak kepada perubahan persekitaran tidak difahami sepenuhnya.

Penyelidikan mengenai sistem endokrin ikan juga perlu diberi penekanan dalam RMK-12. Aktiviti ini boleh menerangkan serba sedikit tentang kesan isyarat persekitaran ke atas sintesis telur, sperma dan peneluran. Perkembangan teknologi pemakanan yang semakin maju dan banyak penemuan hasil penyelidikan; diharap dapat menghasilkan keperluan diet dengan nutrient yang penting bagi meningkatkan tahap kematangan baka tercapai. Kajian penentuan nutrient-nutrien penting dalam makanan rumusan adalah asas untuk mengoptimalkan perkembangan gonad dan fekunditi.

Penyakit masih merupakan antara penyebab utama kematian baka. Dimana sebahagian besarnya ia berkaitan dengan aspek pengurusan. Jurang pengetahuan yang besar dalam sistem imun ikan pula menghadkan kaedah perawatan. Perlu juga diingat, rawatan adalah bukan jalan penyelesaian untuk mengatasi jangkitan penyakit. Kaedah pengurusan dengan SOP yang betul perlu diamalkan bagi mengelak jangkitan penyakit. Mekanisma pengesanan pantas dan kawalan patogen masih dalam pembangunan. Justeru pencegahan penyakit melalui protokol biosekuriti adalah sangat diutamakan.

Pelaburan dalam program pembangunan baka serta pembiakbakaan di negara lain banyak yang telah berjaya membuah hasil yang sangat lumayan dalam industri akuakultur. Penyelidikan pembangunan baka dalam Negara mesti diteruskan untuk membangunkan trait-trait yang bagus bagi ikan dan udang. Penyelidikan baka adalah bidang kajian yang aktif tetapi cabarannya adalah multi disiplin. Justeru satu program penyelidikan yang bersepadu dan komprehensif adalah diperlukan.

Lampiran 1

Data Pengeluaran Spesies Ikan dan Udang Utama di Malaysia dari 2000-2018

| SPESIES Tahun | KERAPU | | SIAKAP | | KELAH | | TILAPIA MERAH | | UDANG HARIMAU | | UDANG GALAH | |
|---------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|---------------|------------|---------------|------------|-------------|------------|
| | Tangkapan | Akuakultur | Tangkapan | Akuakultur | Tangkapan | Akuakultur | Tangkapan | Akuakultur | Tangkapan | Akuakultur | Tangkapan | Akuakultur |
| 2000 | 12,174 | 1,156.81 | 1701 | 2,393.41 | n.a | n.a | n.a | 15557.14 | 1161 | 15539.64 | n.a | 1337.66 |
| 2001 | 10,476 | 1,026.86 | 1,518 | 3,081.52 | n.a | n.a | n.a | 13383.69 | 1006 | 26351.29 | n.a | 752 |
| 2002 | 8,837.00 | 1,086.07 | 1,440.00 | 2,964.21 | 47.99 | n.a | 94.51 | 19238.72 | 1744 | 23986.84 | 266.38 | 705.8 |
| 2003 | 8,449 | 1,636.96 | 1,335 | 3,489.10 | 6.93 | n.a | 48.73 | 20283.29 | 1948 | 25375.12 | 222.91 | 627.14 |
| 2004 | 9,333 | 2,283.56 | 1,749 | 4,000.64 | 13.71 | n.a | 78.97 | 21723.3 | 1299 | 25720.6 | 278.94 | 316.86 |
| 2005 | 7,551 | 2,376.11 | 1,786 | 3,331.85 | 14.49 | n.a | 80.5 | 24272.77 | 1511 | 21827.95 | 301 | 513.77 |
| 2006 | 8,513 | 4,335.27 | 1,760 | 5,538.43 | n.a | n.a | n.a | 23617.85 | 1579 | 17011.67 | 301.83 | 193.76 |
| 2007 | 7,990 | 4,207.74 | 1,805 | 5,679.18 | 9.27 | n.a | 73.38 | 26410.39 | 1574 | 11435.38 | 302.38 | 246.45 |
| 2008 | 7,905 | 4,400.44 | 1,514 | 11,701.90 | 11.39 | n.a | 81.59 | 26528.43 | 1880 | 13503.31 | 408.31 | 355.5 |
| 2009 | 8,787 | 3,805.75 | 1,430 | 14,229.83 | 18.27 | n.a | 66.62 | 25225.56 | 1497 | 16351.42 | 382.66 | 551.6 |
| 2010 | 9,509 | 4,569.63 | 1357 | 20,021.52 | 12.65 | n.a | 45.62 | 29257.35 | 1260 | 18118.51 | 395.13 | 619.22 |
| 2011 | 9,959 | 6,306.45 | 1360 | 17,606.82 | 72.48 | n.a | 54.78 | 33542.44 | 1287 | 7150.79 | 411.16 | 334.44 |
| 2012 | 6,536 | 5,999.29 | 1499 | 20,088.74 | 28.78 | 15 | 272.34 | 39581.9 | 1196 | 6577.25 | 430.81 | 413.28 |
| 2013 | 11,963 | 5,354.75 | 1684 | 17,004.61 | 31.58 | 19.66 | 91.76 | 34761.91 | 1227 | 4483.18 | 344.81 | 456.61 |
| 2014 | 10,296 | 7,879.21 | 1823 | 30,439.93 | 33.46 | 18.05 | 704.88 | 34779.25 | 1239 | 4205.2 | 387.77 | 398.1 |
| 2015 | 11,388 | 8,003.19 | 1552 | 29,132.37 | 31.14 | 24.7 | 1055.88 | 31563.38 | 1309 | 4286.31 | 404.14 | 268.02 |
| 2016 | 11,769 | 6,166.58 | 1556 | 30,051.82 | 58.25 | 18.03 | 76.16 | 27282.94 | 1211 | 5654.73 | 464.53 | 309.43 |
| 2017 | 10,055 | 6,136.66 | 2566 | 30,236.59 | 26.21 | 8.19 | 55.86 | 26630.54 | 1246 | 10132.92 | 509.89 | 293.74 |
| 2018 | 9,244 | 7,583.08 | 2632 | 21,247.89 | 14.39 | 12.31 | 104.06 | 25975.37 | 1318 | 9905.62 | 651.87 | 213.42 |

n.a not available

Lampiran 2

Contoh Anggaran Keperluan Induk dan Hasil Pengeluaran untuk Program 5 Tahun: Kerapu

| Faktor/Andaian | Tahun 1 | Tahun 2 | Tahun 3 | Tahun 4 | Tahun 5 | Jumlah pengeluaran |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|
| Jumlah induk yang diperlukan (1 jantan: 4 betina). | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 5,600 | 21,600 |
| Jumlah bil. telur / induk betina | 500,000 | 500,000 | 500,000 | 500,000 | 500,000 | 2,500,000 |
| Jumlah sebenar telur (jumlah induk x jumlah bil telur) | 2,000,000,000 | 2,000,000,000 | 2,000,000,000 | 2,000,000,000 | 2,800,000,000 | 10,800,000,000 |
| Kekerapan pembiakan yang dijangkakan (per tahun) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 50 |
| Peratus kemandirian larva 1 inci | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Jumlah larva 1 inci yang boleh i dihasilkan (kekerapan pembiakan x jumlah sebenar telur x peratus kemandirian 1 inci) | 1,000,000,000 | 1,000,000,000 | 1,000,000,000 | 1,000,000,000 | 1,400,000,000 | 5,400,000,000 |
| Peratus kemandirian benih 4 inci | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Jumlah benih 4 inci (jumlah sebenar telur x peratus kemandirian 4 inci) | 40,000,000 | 40,000,000 | 40,000,000 | 40,000,000 | 56,000,000 | 216,000,000 |
| Peratus kemandirian semasa penuaian | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Jumlah tuaian ikan (jumlah benih 4 inci x peratus kemandirian semasa penuaian) | 20,000,000 | 20,000,000 | 20,000,000 | 20,000,000 | 28,000,000 | 108,000,000 |
| Berat tuaian (kg) / ekor | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| Jangkaan kuantiti pengeluaran ikan (kg) (jumlah tuaian ikan x berat tuaian) | 16,000,000 | 16,000,000 | 16,000,000 | 16,000,000 | 22,400,000 | 86,400,000 |
| Jumlah pengeluaran (TM) | 16,000 | 16,000 | 16,000 | 16,000 | 22,400 | 86,400 |

Contoh Anggaran Keperluan Induk dan Hasil Pengeluaran untuk Program 5 Tahun: Siakap

| Faktor/Andaian | Tahun 1 | Tahun 2 | Tahun 3 | Tahun 4 | Tahun 5 | Jumlah pengeluaran |
|---|--|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|
| Jumlah induk yang diperlukan (1 jantan: 4 betina). | 6,400 | 6,400 | 6,400 | 8,000 | 8,000 | 35,200 |
| Jumlah bil. telur / induk betina | 500,000.00 | 500,000.00 | 500,000.00 | 500,000.00 | 500,000.00 | 2,500,000.00 |
| Jumlah sebenar telur | 3,200,000,000 (jumlah induk x jumlah bil telur) | 3,200,000,000 | 3,200,000,000 | 4,000,000,000 | 4,000,000,000 | 17,600,000,000 |
| Kekerapan pembiakan yang dijangkakan (per tahun) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 50 |
| Peratus kemandirian larva 1 inci | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Jumlah larva 1 inci yang boleh dihasilkan (kekerapan pembiakan x jumlah sebenar telur x % kemandirian 1 in) | 3,200,000,000 | 3,200,000,000 | 3,200,000,000 | 4,000,000,000 | 4,000,000,000 | 17,600,000,000 |
| Peratus kemandirian benih 4 inci | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Jumlah benih 4 inci yang boleh dihasilkan (jumlah sebenar telur x% kemandirian 4 inci) | 160,000,000 | 160,000,000 | 160,000,000 | 200,000,000 | 200,000,000 | 880,000,000 |
| Peratus kemandirian semasa penuaian | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Jumlah tuaian ikan (jumlah benih 4 inci x % kemandirian semasa penuaian) | 80,000,000 | 80,000,000 | 80,000,000 | 100,000,000 | 100,000,000 | 440,000,000 |
| Berat tuaian (kg) / ekor | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| Jangkaan kuantiti pengeluaran ikan (kg) (jumlah tuaian ikan x berat tuaian) | 64,000,000 | 64,000,000 | 64,000,000 | 80,000,000 | 80,000,000 | 352,000,000 |
| Jumlah pengeluaran (TM) | 64,000 | 64,000 | 64,000 | 80,000 | 80,000 | 352,000 |

Contoh Anggaran Keperluan Induk dan Hasil Pengeluaran untuk Program 5 Tahun: Udang Harimau

| Faktor/Andaian (unit) | Tahun 1 | Tahun 2 | Tahun 3 | Tahun 4 | Tahun 5 | Jumlah pengeluaran |
|--|---|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|
| Jumlah induk yang diperlukan (1 jantan: 2 betina) (ekor) | 20,000 | 20,000 | 30,000 | 30,000 | 30,000 | 129,000 |
| Jumlah bil. telur / induk betina (ekor) | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 |
| Jumlah sebenar telur | 1,333,000,000 (2/3 X 20,000 X 100,000) | 1,333,000,000 | 200,000,000 | 2,000,000,000 | 2,000,000,000 | 8,666,000,000 |
| Kekerapan pembiakan yang dijangkakan (per tahun) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Peratus kemandirian larva 1 inci (50%) | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Jumlah larva yang boleh dihasilkan (X 2 X 0.5) | 1,333,000,000 (1,333,000,000 X 2 X 0.5) | 1,333,000,000 | 2,000,000,000 | 2,000,000,000 | 2,000,000,000 | 8,666,000,000 |
| Peratus kemandirian benih 4 inci (50%) | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Jumlah benih | 666,000,000 (1,333,000,000 X 0.5) | 666,000,000 | 1,000,000,000 | 1,000,000,000 | 1,000,000,000 | 4,332,000,000 |
| Peratus kemandirian semasa penuaian | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| Jumlah ikan (ekor) | 534,000,000 (666,000,000 X 0.8) | 534,000,000 | 800,000,000 | 800,000,000 | 800,000,000 | 3,468,000,000 |
| Berat tuaian / ekor(kg) | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Jangkaan kuantiti pengeluaran ikan (kg) | 10,660,000 (534,000,000 X 0.02) | 10,660,000 | 16,000,000 | 16,000,000 | 16,000,000 | 69,320,000 |
| Jumlah Pengeluaran (TM) | 10,660 | 10,660 | 16,000 | 16,000 | 16,000 | 69,800 |

Contoh Anggaran Keperluan Induk dan Hasil Pengeluaran untuk Program 5 Tahun: Udang Galah

| Faktor/Andaian | Tahun 1 | Tahun 2 | Tahun 3 | Tahun 4 | Tahun 5 | Jumlah pengeluaran |
|--|---|-------------|-------------|-------------|---------------|--------------------|
| Jumlah induk yang diperlukan (1 jantan: 4 betina). | 50,000 | 60,000 | 70,000 | 80,000 | 100,000 | 360,000 |
| Jumlah bli. telur / induk betina | 15,000.00 | 15,000 | 15,000 | 15,000 | 15,000 | 15,000 |
| Jumlah sebenar telur | 600,000,000 (4/5 X 50,000 X 15,000) | 720,000,000 | 840,000,000 | 960,000,000 | 1,200,000,000 | 4,320,000,000 |
| Kekerapan pembiakan yang dijangkakan (per tahun) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Peratus kemandirian larva 1 inci | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| Jumlah larva yang boleh dihasilkan | 480,000,000 (600,000,000 X 4 X 0.2) | 576,000,000 | 672,000,000 | 768,000,000 | 960,000,000 | 3,456,000,000 |
| Peratus kemandirian benih 4 inci | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Jumlah benih | 240,000,000 (480,000,000 X 0.5) | 288,000,000 | 336,000,000 | 384,000,000 | 480,000,000 | 1,728,000,000 |
| Peratus kemandirian semasa penuaian | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| Jumlah ikan | 96,000,000 (240,000 X 0.4) | 115,200,000 | 134,400,000 | 153,600,000 | 192,000,000 | 691,200,000 |
| Berat tuaian (kg) / ekor | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| Jangkaan kuantiti pengeluaran ikan (kg) | 2,880,000 (96,000,000 X 0.3) | 3,456,000 | 4,032,000 | 4,608,000 | 5,760,000 | 20,736,000 |
| Jumlah Pengeluaran (TM) | 2,880 | 3,456 | 4,032 | 4,608 | 5,760 | 20,736 |

Contoh Anggaran Keperluan Induk dan Hasil Pengeluaran untuk Program 5 Tahun: Tilapia Merah

| Faktor/Andaian | Tahun 1 | Tahun 2 | Tahun 3 | Tahun 4 | Tahun 5 | Jumlah pengeluaran |
|---|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------|
| Jumlah induk yang diperlukan (1 jantan: 3 betina), ekor | 50,000 | 60,000 | 60,000 | 70,000 | 70,000 | 310,000 |
| Jumlah induk jantan (ekor) | 12,500 | 15000 | 15000 | 17500 | 17500 | 77,500 |
| Jumlah induk betina (ekor) | 37,500 | 45,000 | 45,000 | 52,500 | 52,500 | 232,500 |
| Jumlah bil. rega/ induk betina | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | |
| Jumlah sebenar rega | 18,750,000 (37,500x500) | 22,500,000 (45,000x500) | 22,500,000 (45,000x500) | 26,250,000 (52,500x500) | 26,250,000 (52,500x500) | 116,250,000 |
| Kekerapan pembiakan yang dijangkakan (per tahun), kali | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Kemandirian benih 1 inci (50%) | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Jumlah benih yang boleh dihasilkan (ekor) | 93,750,000 (0.5x10x18,750,000) | 112,500,000 (0.5x10x22,500,000) | 112,500,000 (0.5x10x22,500,000) | 131,250,000 (0.5x10x26,250,000) | 131,250,000 (0.5x10x26,250,000) | 581,250,000 |
| Kemandirian benih 2-3 inci (80%) | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | |
| Jumlah benih (ekor) | 75,000,000 (0.8x93,750,000) | 90,000,000 (0.8x112,500,000) | 90,000,000 (0.8x112,500,000) | 105,000,000 (0.8x131,250,000) | 105,000,000 (0.8x131,250,000) | 465,000,000 |
| Peratus kemandirian semasa penuaian (80%) | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| Jumlah ikan (ekor) | 60,000,000 (0.8x75,000,000) | 72,000,000 (0.8x90,000,000) | 72,000,000 (0.8x90,000,000) | 84,000,000 (0.8x105,000,000) | 84,000,000 (0.8x105,000,000) | 372,000,000 |
| Berat tuaian (kg) / ekor | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Jangkaan kuantiti pengeluaran ikan (kg) | 30,000,000 (0.5x60,000,000) | 36,000,000 (0.5x72,000,000) | 36,000,000 (0.5x72,000,000) | 42,000,000 (0.5x84,000,000) | 42,000,000 (0.5x84,000,000) | 186,000,000 |
| Jumlah Pengeluaran TM) | 30,000 | 36,000 | 36,000 | 42,000 | 42,000 | 186,000 |

Contoh Anggaran Keperluan Induk dan Hasil Pengeluaran untuk Program 5 Tahun: Kelah

| Andaian | Tahun 1 | Tahun 2 | Tahun 3 | Tahun 4 | Tahun 5 | Jumlah pengeluaran |
|--|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|
| Jumlah induk yang diperlukan (1 jantan: 1 betina). | 5,000 (betina) | 5,000 | 10,000 | 10,000 | 15,000 | 45,000 |
| Jumlah bil. larvae / induk betina | 1,000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 5000 |
| Jumlah sebenar larva | 5,000,000 1,000 x 5,000,00 | 5,000,000 | 10,000,000 | 10,000,000 | 15,000,000 | 45,000,000 |
| Kekerapan pembiakan yang dijangkakan (per tahun) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Peratus kemandirian larva 1 inci | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| Jumlah larva yang boleh dihasilkan | 10,500,000 5,000,000x3x0.7 | 10,500,000 | 21,000,000 | 21,000,000 | 31,500,000 | 94,500,000 |
| Peratus kemandirian benih 2-3 inci | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| Jumlah benih | 8,400,000 10,500,000x0.8 | 8,400,000 | 16,800,000 | 16,800,000 | 25,200,000 | 75,600,000 |
| Peratus kemandirian semasa penuaian | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| Jumlah ikan | 6,720,000 8,400,000x0.8 | 6,720,000 | 13,440,000 | 13,440,000 | 20,160,000 | 60,480,000 |
| Berat tuaian (kg) / ekor / tahun | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| Jangkaan kuantiti pengeluaran ikan (kg) | 2,688,000 | 2,688,000 | 5,376,000 | 5,376,000 | 8,064,000 | 24,192,000 |
| Jumlah Pengeluaran (TM) | 2,688 | 2,688 | 5,376 | 5,376 | 8,064 | 24,192 |

Contoh Anggaran Keperluan Induk dan Hasil Pengeluaran untuk Program 5 Tahun: Patin Buah

| Faktor/Andaian | Tahun 1 | Tahun 2 | Tahun 3 | Tahun 4 | Tahun 5 | Jumlah pengeluaran |
|---|------------------------------|------------|------------|-------------|-------------|--------------------|
| Jumlah induk yang diperlukan (1 jantan: 1 betina). | 5,000 (betina) | 5,000 | 5,000 | 10,000 | 10,000 | 35,000 |
| Jumlah bil. larva / induk betina | 10,000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| Jumlah sebenar larvae | 50,000,000 5,000x10,000 | 50,000,000 | 50,000,000 | 100,000,000 | 100,000,000 | 350,000,000 |
| Kekerapan pembiakan yang dijangkakan (per tahun) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Peratus kemandirian larva 1 inci | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| Jumlah larva yang boleh dihasilkan | 35,000,000 50,000,000x0.7 | 35,000,000 | 35,000,000 | 70,000,000 | 70,000,000 | 245,000,000 |
| Peratus kemandirian benih 2-3 inci | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| Jumlah benih | 24,500,000 | 24,500,000 | 24,500,000 | 49,000,000 | 49,000,000 | 171,500,000 |
| Peratus kemandirian semasa penuaian | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| Jumlah ikan | 17,150,000 24,500,000x0.7 | 17,150,000 | 17,150,000 | 34,300,000 | 34,300,000 | 120,050,000 |
| Berat tuaian (kg) / ekor / tahun | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| Jangkaan kuantiti pengeluaran ikan (kg) | 12,005,000 17,150,000x0.7 | 12,005,000 | 12,005,000 | 24,010,000 | 24,010,000 | 84,035,000 |
| Jumlah Pengeluaran (TM) | 12,005 | 12,005 | 12,005 | 24,010 | 24,010 | 84,035 |