

Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jra>

PERBAIKAN KARAKTER PERTUMBUHAN IKAN MAS “MUSTIKA” MELALUI SELEKSI

Didik Ariyanto[#], Yogi Himawan, Khairul Syahputra, Flandrianto Sih Palimirmo, dan Suharyanto

Balai Riset Pemuliaan Ikan
Jl. Raya Sukamandi No. 2, Patokbeusi, Subang, Jawa Barat. 41263

(Naskah diterima: 20 Mei 2019; Revisi final: 25 Juli 2019; Disetujui publikasi: 26 Juli 2019)

ABSTRAK

Seleksi ikan mas berdasarkan marka ketahanan terhadap penyakit (MHC-II) telah menghasilkan ikan mas “Mustika” sebagai ikan unggul tahan KHV (*koi herpes virus*). Adanya fenomena *trade-off* antar karakter menyebabkan laju pertumbuhan ikan mas Mustika relatif lebih rendah. Penelitian ini bertujuan memperbaiki performa ikan mas Mustika khususnya pada karakter pertumbuhan melalui seleksi. Pembentukan populasi F-1 hingga F-3 dilakukan menggunakan metode “back-cross”, yaitu betina F-0 > < jantan F-1, betina F-1 > < jantan F-2 dan betina F-2 > < jantan F-3. Evaluasi pertumbuhan populasi ikan mas Mustika dari F-1, F-2, dan F-3 dilakukan pada karamba jaring apung selama tiga bulan. Pada evaluasi penampilan fenotipik populasi F-3 ikan mas Mustika pada kegiatan budidaya, digunakan populasi ikan mas Majalaya dari unit pembenihan rakyat (UPR) sebagai populasi kontrol eksternal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai respons seleksi karakter bobot ikan mas Mustika F-1, F-2, dan F-3 secara berturut-turut sebesar 7,29%; 34,51%; dan 8,12%; sehingga total respons seleksi yang diperoleh sebesar 49,72%. Pada kegiatan budidaya, populasi ikan mas Mustika mempunyai pertumbuhan, bobot individu panen, biomassa panen, konversi rasio pakan, dan produktivitas lebih baik dibandingkan dengan populasi ikan mas Majalaya dari UPR, masing-masing sebesar 5,99%; 11,60%; 13,32%; 39,59%; dan 11,19%.

KATA KUNCI: genetik; ikan mas; pertumbuhan; seleksi

ABSTRACT: *Improvement of the growth character of Mustika common carp through phenotypic selection. By: Didik Ariyanto, Yogi Himawan, Khairul Syahputra, Flandrianto Sih Palimirmo, and Suharyanto*

Marker-assisted selection (MAS) using MHC-II has successfully formed “Mustika” as a resistant common carp strain against KHV. However, the trade-off among characters to form the KHV resistant carp strain has suppressed the growth trait of the species. This study was aimed to improve the growth character of Mustika common carp based on the selection of growth performance. The F-1, F-2, and F-3 populations were formed using the “walk-back” method by crossing females of F-0 > < males of F-1, females of F-1 > < males of F-2, and females of F-2 > < males of F-3. Growth evaluation of each generation was based on body weight gain during the three months experiment. The growth evaluation of the F-3 Majalaya strain from a local breeder (UPR) was used as the external control. The results showed that the response to the selection of F-1, F-2, and F-3 of Mustika common carp were 7.29%, 34.51%, and 8.12%, respectively, with a total response to selection of 49.72%. In culture condition, the Mustika common carp has a better specific growth rate, individual weight, biomass at harvest, food conversion ratio, and productivity than the Majalaya common carp of 5.99%, 11.60%, 13.32%, 39.59%, and 11.19%, respectively.

KEYWORDS: genetic; common carp; growth; selection

PENDAHULUAN

Salah satu kendala dalam pengembangan budidaya ikan mas (*Cyprinus carpio*, Linnaeus.) di Indonesia adalah timbulnya wabah penyakit yang disebabkan oleh virus KHV (*koi herpes virus*) (Sunarto *et al.*, 2005; Tauhid *et al.*, 2005). Salah satu upaya penanggulangan penyakit

KHV adalah melalui pembentukan populasi ikan mas tahan penyakit. Upaya tersebut telah menghasilkan ikan mas tahan KHV yang dirilis pada tahun 2016 dengan nama “Mustika”. Populasi dasar ikan mas Mustika dibentuk dari populasi ikan mas Rajadanu “*survivor*” wabah KHV di Waduk Cirata yang dikoleksi pada tahun 2006 dan 2010 (Ariyanto *et al.*, 2014).

Ikan mas Mustika merupakan populasi ikan mas tahan KHV hasil seleksi berbasis marka molekuler (MAS: Marker Assisted Selection) MHC-II (Major Histo-

[#] Korespondensi: Balai Riset Pemuliaan Ikan. Jl. Raya Sukamandi No. 2, Patokbeusi, Subang, Jawa Barat. 41263, Indonesia.
Tel. + 62 260 520500
E-mail: didik_ski@yahoo.com

compatibility Complex Class-II). Marka molekuler MHC-II ini dipilih karena berasosiasi secara langsung dengan ketahanan terhadap penyakit pada ikan (Grimholt *et al.*, 2003; Kjølglum *et al.*, 2006; Rakus *et al.*, 2003; Rakus *et al.*, 2009). Permasalahan yang timbul dalam pembentukan populasi ikan mas tahan penyakit adalah adanya "trade-off" dengan karakter pertumbuhan (Kirpichnikov *et al.*, 1993; Ariyanto *et al.*, 2015). Dalam rangka mengantisipasi kondisi tersebut, pembentukan populasi ikan mas tahan KHV juga disertai dengan upaya peningkatan laju pertumbuhan populasi tersebut. Hal ini perlu dilakukan karena kedua karakter tersebut secara bersama-sama berpengaruh nyata terhadap keberhasilan budidaya ikan.

Salah satu upaya perbaikan pertumbuhan ikan mas adalah melalui seleksi fenotipik. Radona *et al.* (2016) melaporkan bahwa ikan mas Rajadanu hasil seleksi famili F-3 mempunyai bobot akhir sebesar $41,63 \pm 10,5$ pada umur pemeliharaan 160 hari. Nilai tersebut lebih baik dibanding generasi F-2 sebesar $27,43 \pm 9,95$ g pada umur pemeliharaan yang sama, atau setara dengan nilai respons seleksi antar generasi sebesar 51,77%. Penelitian lain yang dilakukan oleh Nugroho *et al.* (2016) juga menunjukkan bahwa seleksi individu pada ikan mas Puntan dari generasi F-0 ke F-1 menghasilkan nilai respons seleksi pada populasi jantan sebesar 3,66% dan pada populasi betina sebesar 11,43%. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kegiatan seleksi antar generasi pada populasi ikan mas berhasil meningkatkan laju pertumbuhan populasi tersebut.

Secara umum, Falconer & Mackay (1996) dan Tave (1996) menjelaskan bahwa peningkatan pertumbuhan ikan melalui kegiatan seleksi antar generasi dapat mencapai nilai 10%-15%. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi keberhasilan kegiatan seleksi pada karakter pertumbuhan ikan mas Mustika dari generasi F-1, F-2, hingga F-3.

BAHAN DAN METODE

Pembentukan Populasi Dasar (F-0)

Populasi dasar (F-0) dibentuk dengan memijahkan 30 pasang induk tetua (P) ikan mas Rajadanu hasil koleksi. Pemijahan dilakukan secara buatan dan terpisah antar pasangan. Pada hari keempat pasca penetasan telur, 20.000 ekor larva dari masing-masing pasang dipindahkan ke kolam pendederan tahap pertama (P-1) dengan kepadatan 200 ekor/m². Setelah dua minggu dalam tahap pemeliharaan P-1, 10.000 ekor benih dipindahkan ke kolam pendederan tahap kedua (P-2) dengan kepadatan 40 ekor/m². Selama tahap P-2, benih diberi pakan buatan dengan kandungan protein 28%-30% sampai umur dua bulan. Pada akhir tahap

P-2, 200 ekor benih diambil secara acak dari masing-masing pasang dan dipelihara dalam kolam pembesaran secara terpisah. Pembesaran dilakukan selama empat bulan. Selama masa pembesaran, benih diberi pakan dengan kandungan protein 28%-30% sebanyak 5% dari biomassa dan diberikan tiga kali sehari, yakni pada pagi, siang, dan sore hari.

Pada akhir masa pembesaran dilakukan seleksi terhadap 25 ekor individu dengan bobot badan terbaik dari setiap pasang sebagai calon induk F-0 terseleksi. Selain itu, juga dipilih lima ekor individu dengan bobot rata-rata dari setiap pasang sebagai calon induk F-0 kontrol. Pemeliharaan calon induk F-0 terseleksi dan kontrol dilakukan selama enam bulan hingga menjadi induk siap pijah.

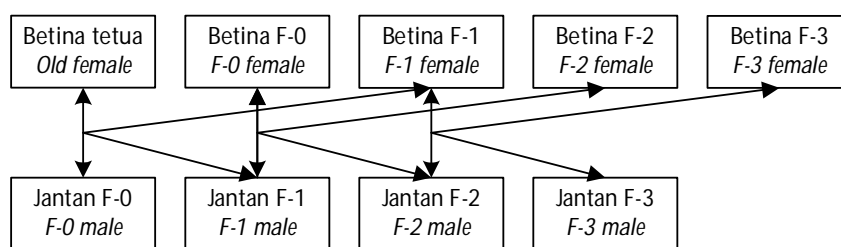
Pembentukan Populasi F-1, F-2, dan F-3

Pembentukan generasi pertama (F-1) dilakukan dengan memijahkan secara *back-cross* antara 30 ekor induk tetua (P) betina dengan 30 ekor induk populasi dasar (F-0) jantan. Pola pemijahan *back-cross* dilakukan karena umur pertama kematangan gonad induk jantan dan betina tidak bersamaan, sehingga induk jantan populasi F-0 yang sudah matang gonad dipijahkan dengan induk tetua (P) betina. Proses pemijahan, pemeliharaan larva, pendederan, pembesaran, dan seleksi populasi F-1 sama dengan pembentukan populasi dasar (F-0). Selanjutnya pembentukan populasi F-2 dan F-3 dilakukan mengikuti pola pemijahan seperti yang dilakukan pada pembentukan populasi F-1 (Gambar 1). Pemilihan induk jantan dan betina pada setiap generasi diupayakan sedemikian rupa sehingga tidak terjadi pemijahan antar saudara sekeluarga (Himawan *et al.*, 2017).

Pada setiap generasi, secara bersamaan dipijahkan populasi kontrol yang terdiri atas induk-induk dengan bobot rata-rata populasi. Jumlah induk yang dipijahkan untuk populasi kontrol sebanyak lima pasang. Metode pemijahan, pemeliharaan larva, pendederan, dan pembesaran populasi kontrol dilakukan setara dengan yang dilakukan pada populasi terseleksi.

Evaluasi Hasil Seleksi F-1, F-2, dan F-3

Populasi benih F-1, F-2 dan F3 terseleksi dan kontrol berukuran 12-15 g/ekor digunakan untuk evaluasi respons seleksi karakter pertumbuhan ikan mas Mustika. Evaluasi respons seleksi dilakukan di kolam jaring apung ukuran 5 m x 5 m dengan kedalaman air berkisar antara 60-80 cm. Padat penebaran benih sebanyak 10 ekor/m². Pakan yang diberikan berupa pakan buatan berbentuk pelet terapung dengan kadar protein 28%-30%, diberikan secara satiasi pada pagi dan sore. Parameter evaluasi pada akhir pengujian meliputi bobot individu



Gambar 1. Skema pemijahan dalam rangka pembentukan populasi F-1, F-2, dan F-3.
 Figure 1. Spawning schemes to form F-1, F-2, and F-3 populations.

terseleksi, bobot individu kontrol, koefisien variasi bobot, respons seleksi, peningkatan mutu genetik, dan sintasan.

Evaluasi Performa Ikan Mas Mustika di Lingkungan Budidaya

Pada pengujian benih F-3, selain populasi kontrol juga digunakan benih ikan mas Majalaya sebagai populasi pembanding (kontrol eksternal). Benih ikan mas Majalaya diperoleh dari unit pembenihan rakyat (UPR) di sekitar Sukamandi. Pemeliharaan ikan mas Majalaya tersebut dilakukan dengan metode yang setara dengan pemeliharaan benih ikan mas Mustika F-3. Pada akhir masa pemsaran dilakukan pemanenan dan penghitungan beberapa variable terukur antara lain bobot rata-rata individu, sintasan, biomassa panen, jumlah pakan, dan nilai rasio konversi pakan (FCR). Evaluasi implementasi penggunaan benih Mustika hasil seleksi untuk kegiatan budidaya ditekankan pada efisiensi penggunaan pakan dan hasil yang diperoleh pada saat panen.

HASIL DAN BAHASAN

Evaluasi Seleksi Populasi F-1, F-2, dan F-3

Penampilan fenotipik populasi F-1, F-2, dan F-3 ikan mas Mustika hasil seleksi dan populasi kontrol yang dipelihara selama empat bulan disajikan pada Tabel 1.

Hasil analisis respons seleksi populasi ikan mas Mustika F-1 sebesar 17,84 g (7,29%) relatif sama dengan respons seleksi pada F-3, sebesar 18,45 g (8,12%). Nilai respons seleksi yang cukup besar terjadi pada populasi F-2, yaitu sebesar 59,23 g (34,5%). Secara keseluruhan, respons seleksi kumulatif ikan mas Mustika dari F-1, F-2, hingga F-3 sebesar 95,19 g atau setara dengan 49,92%.

Di dalam kegiatan evaluasi suatu program pemuliaan, peranan faktor lingkungan bisa jadi sangat dominan. Hal ini terutama terjadi pada populasi-populasi yang mempunyai ketergantungan tinggi terhadap kondisi stabilitas lingkungan. Vandaputte (2003) dan Vandaputte *et al.* (2008) menjelaskan bahwa pada kegiatan seleksi ikan mas, salah satu faktor yang sulit dikontrol adalah kondisi lingkungannya. Penjelasan ini mengindikasikan bahwa populasi ikan mas mempunyai ketergantungan terhadap kondisi lingkungan yang sangat besar. Kondisi tersebut mengakibatkan evaluasi perbaikan genetik ikan mas menjadi tidak mudah. Adanya interaksi antara faktor genetik dan lingkungan ($G > E$) pada ikan mas, seperti yang dilaporkan oleh Wohlfarth *et al.* (1983), Wang & Li (2007), dan Ninh *et al.* (2011) mengakibatkan evaluasi pertumbuhan perlu memperhitungkan faktor lingkungan. Salah satu metode untuk mengurangi bias yang mungkin terjadi pada evaluasi pertumbuhan populasi antar generasi adalah dengan populasi kontrol internal (Basiao & Doyle, 1990).

Tabel 1. Penampilan fenotipik populasi F-1, F-2, dan F-3 ikan mas Mustika hasil seleksi
 Tabel 1. Phenotypic performance of F-1, F-2, and F-3 populations of Mustika common carp

Parameter Parameters	Populasi (Populations)		
	F-1	F-2	F-3
Bobot awal (Initial weight) (g)	30.00	30.00	30.00
Bobot populasi seleksi (Selected population weight) (g)	262.56	230.85	245.56
Koefisien variasi (Coefficient of variation) (%)	58.55	31.83	60.94
Bobot populasi kontrol (Control population weight) (g)	244.72	171.63	227.11
Respons seleksi (Response to selection) (g)	17.84	59.23	18.45
Peningkatan genetik (Genetic gain) (%)	7.29	34.51	8.12
Akumulasi peningkatan genetik (Genetic gain accumulation) (%)	7.29	41.60	49.72
Sintasan (Survival rate) (%)	60.8	66.6	65.0

Selisih antara populasi kontrol internal dengan populasi hasil seleksi merupakan nilai respons seleksi yang diperoleh pada generasi tersebut. Seleksi ikan mas Mustika dari F-1 hingga F-3 mempunyai nilai respons seleksi yang positif. Hasil ini menunjukkan adanya peningkatan pertumbuhan ikan mas Mustika di setiap generasi. Peningkatan pertumbuhan ini mengindikasikan terjadinya peningkatan mutu genetik (*genetic gain*) antar generasi. Hingga generasi F-3, akumulasi peningkatan mutu genetik (*genetic gain*) ikan mas Mustika sebesar 49,72%. Peningkatan mutu genetik sebesar 49,72% relatif lebih baik dibanding kriteria keberhasilan program seleksi menurut Falconer & Mackay (1996) dan Tave (1996) yang menyatakan bahwa rata-rata peningkatan mutu genetik populasi ikan melalui seleksi adalah sebesar 10%-15% setiap generasi.

Respons seleksi ikan mas Mustika pada penelitian ini lebih rendah dibanding hasil seleksi ikan mas Rajadanu F-3 yang dilakukan oleh Radona *et al.* (2016) sebesar 51,77%. Namun, nilai respons seleksi pada penelitian ini lebih baik dibandingkan hasil seleksi yang dilakukan oleh Nugroho *et al.* (2016) pada ikan mas Puntan, yang menghasilkan nilai respons seleksi sebesar 3,66% pada populasi jantan hingga 11,43% pada populasi betina. Relatif rendahnya nilai respons seleksi tersebut diduga karena seleksi yang dilakukan pada ikan mas Puntan baru sampai pada generasi F-1. Seleksi pada generasi selanjutnya diperkirakan akan menghasilkan nilai respons seleksi kumulatif yang jauh lebih tinggi.

Selain secara fenotipik, evaluasi secara genotipik terhadap populasi ikan mas Mustika hasil seleksi juga sudah dilaporkan oleh Syahputra *et al.* (2016a) dan Syahputra *et al.* (2016b). Tingkat keragaman genetik ikan mas Mustika masih cukup terjaga dari generasi F-0 hingga F-3. Beberapa parameter kualitas genetik seperti jumlah alel per lokus, heterozigositas teramati dan indeks fiksasi tidak mengalami penurunan secara signifikan antar generasi. Hasil analisis tersebut mengindikasikan bahwa proses seleksi karakter pertumbuhan dan ketahanan terhadap penyakit pada ikan mas Mustika cukup baik dalam mempertahankan tingkat keragaman genetik populasi.

Evaluasi Performa Ikan Mas Mustika di Lingkungan Budidaya

Keragaan hasil budidaya menggunakan populasi benih F-3 ikan mas Mustika disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa penggunaan benih ikan mas Mustika memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan benih ikan mas Majalaya dari UPR. Hal ini terlihat dari beberapa parameter terukur seperti panjang dan bobot akhir, laju pertumbuhan, rasio

konversi pakan, dan tingkat produktivitas budidaya ikan mas Mustika yang lebih baik dibanding ikan mas Majalaya. Lebih rendahnya nilai keragaan budidaya ikan mas Majalaya pada penelitian ini mengindikasikan lebih rendahnya kualitas benih ikan mas yang berasal dari UPR.

Penggunaan benih ikan mas berkualitas rendah mengakibatkan *in-efficiency* dalam kegiatan budidaya. Berdasarkan hasil penelitian ini, kondisi *in-efficiency* budidaya dapat diperbaiki dengan penggunaan benih-benih unggul hasil pemuliaan. Parameter terukur yang diamati menunjukkan bahwa penggunaan benih ikan mas hasil seleksi (Mustika) mempunyai hasil lebih baik dibanding benih ikan mas nonseleksi (Majalaya). Laju pertumbuhan yang lebih cepat berakibat terhadap pencapaian panjang dan bobot akhir benih pada saat panen yang lebih baik. Hasil sintasan yang relatif sama antara kedua populasi tersebut berdampak terhadap jumlah biomassa ikan pada saat panen dan produktivitas budidaya yang lebih baik pada populasi ikan mas hasil seleksi. Keragaan budidaya ikan mas Mustika hasil seleksi ini sesuai dengan Nugroho *et al.* (2013) yang melaporkan bahwa penggunaan benih unggul hasil pemuliaan mempunyai produktivitas dan keuntungan secara ekonomi yang lebih baik dibandingkan benih lokal.

Selain berdampak terhadap peningkatan produksi, efisiensi penggunaan benih ikan mas hasil seleksi pada kegiatan budidaya juga terlihat jelas dari nilai konversi pakan. Meskipun jumlah pakan yang diberikan sesuai dengan standar budidaya, namun lebih tingginya penambahan bobot dan biomassa ikan pada populasi benih ikan mas hasil seleksi menunjukkan adanya peningkatan efisiensi penggunaan pakan pada populasi tersebut. Nilai rasio konversi pakan pada populasi ikan mas Mustika 39,59% lebih baik dibanding populasi ikan mas Majalaya dari UPR. Peningkatan efisiensi penggunaan pakan sebagai akibat penggunaan benih unggul dalam kegiatan budidaya merupakan keunggulan kompetitif pada usaha tersebut. Hal ini karena total biaya operasional usaha budidaya didominasi oleh biaya pakan, yaitu mencapai 70%-90% (Hung *et al.*, 2007; Phuong *et al.*, 2007). Berdasarkan hasil penelitian ini, penggunaan ikan mas Mustika pada usaha budidaya akan mengurangi jumlah penggunaan pakan, sehingga biaya operasionalnya dapat diturunkan. Penurunan biaya operasional tersebut secara langsung akan meningkatkan keuntungan yang diperoleh pembudidaya ikan mas.

KESIMPULAN

Seleksi fenotipik ikan mas Mustika dari F-1, F-2, hingga F-3 berhasil meningkatkan pertumbuhan populasi sebesar 49,72%. Keragaan benih ikan mas

Tabel 2. Keragaan budidaya populasi ikan mas Mustika F-3 di kolam jaring selama 90 hari
 Tabel 2. Performance of F-3 population of Mustika common carp in net cage culture for 90 days

Parameter Parameters	Ikan mas Mustika Mustika common carp	Ikan mas Majalaya Majalaya common carp	Selisih Advantage	Persentase Percentage (%)
Lama pemeliharaan (hari) Culture period (days)	90.00	90.00	-	-
Panjang total Total length (cm)	33.93	31.95	1.98	6.20
Panjang standar Standard length (cm)	27.61	26.10	1.51	5.79
Bobot individu Individual weight (g)	245.56	220.04	25.52	11.60
Pertumbuhan (%bobot/hari) Growth rate (%weight/day)	2.30	2.17	0.13	5.99
Sintasan Survival rate (%)	65.00	64.00	1	1.56
Biomassa panen Biomass of harvest (kg)	39.90	35.21	4.69	13.32
Rasio konversi pakan Food conversion ratio	2.38	3.94	1.56	39.59
Produktivitas Productivity (kg/m ²)	1.59	1.43	0.16	11.19

Keterangan (Note): UPR = unit pembenihan rakyat (Local breeder hatchery)

Mustika, sebagai populasi hasil pemuliaan, dalam kegiatan budidaya lebih baik dibandingkan ikan mas Majalaya non pemuliaan yang berasal dari UPR.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai APBN melalui DIPA pada Balai Riset Pemuliaan Ikan (BRPI) Tahun Anggaran 2011-2014. Terima kasih disampaikan kepada peneliti dan teknisi komoditas ikan mas yang terlibat selama kegiatan penelitian berlangsung. Terima kasih juga disampaikan kepada Tim Penyunting Makalah (TPM) BRPI, serta Dewan Redaksi Jurnal Riset Akuakultur atas saran dan masukannya demi perbaikan manuskrip ini.

DAFTAR ACUAN

Ariyanto, D., Hayuningtyas, E.P., & Syahputra, K. (2014). Koleksi, karakterisasi, dan seleksi plasma nutfah ikan mas (*Cyprinus carpio*) tahan penyakit koi herpes virus. *Jurnal Riset Akuakultur*, 9(2), 215-228.

Ariyanto, D., Hayuningtyas, E.P., & Syahputra, K. (2015). Hubungan antara keberadaan gen *Major Histocompatibility Complex Class II* (MHC-II), ketahanan terhadap penyakit dan pertumbuhan pada populasi ikan mas strain Rajadanu. *Jurnal Riset Akuakultur*, 10(4), 461-469.

Basiao, Z.U. & Doyle, R.W. (1990). Use of internal reference populations for growth rate comparisons of tilapia strains. In a crowded environment. p. 503-504. In R. Hirano & I. Hanyu. Eds. *The Second Asian Fisheries Forum*. Manila, Philippines: Asian Fisheries Society, 991 pp.

Falconer, D.S. & Mackay, T.F.C. (1996). Introduction to quantitative genetics. 4th Ed. Longman: England, 464 pp.

Grimholt, U., Larsen, S., Nordmo, R., Midtlyng, P., Kjoeglum, S., Storset, A., Saebø, S., & Stet, R. (2003). MHC polymorphism and disease resistance in Atlantic salmon (*Salmo salar*); facing pathogens with single expressed major histocompatibility class I and class II loci. *Immunogenetics*, 55, 210-219.

Himawan, Y., Syahputra, K., & Ariyanto, D. (2017). Performa pembesaran ikan mas Rajadanu (*Cyprinus carpio*) generasi ketiga hasil seleksi "walkback". *Jurnal Riset Akuakultur*, 12(2), 121-129.

Hung, L.T., Truc, L.T.T., & Huy, H.P.V. (2007). Case study on the use of farm-made feeds and commercially formulated pellets for pangasiid catfish culture in the Mekong Delta, Vietnam: Study and analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development. *FAO Fisheries Technical Paper*, 497, 363-377.

- Kirpichnikov, V.S., Ilyasov, J.I., Shart, L.A., Vikhman, A.A., Ganchenko, M.V., Ostashevsky, A.L., Simonov, V.M., Tikhonov, G.F., & Tjurin, V.V. (1993). Selection of Krasnodar common carp (*Cyprinus carpio* L) for resistance to dropsy: principal, results and prospects. *Aquaculture*, 111, 7-20.
- Kjøglum, S., Larsen, S., Bakke, H., & Grimholt, U. (2006). How specific MHC class I and class II combinations affect disease resistance against infectious salmon anaemia in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fish & Shellfish Immunology*, 21, 431-441.
- Ninh, Ng.H., Ponzoni, R.W., Nguyen, Ng.H., Woolliams, J.A., Taggart, J.B., McAndrew, B.J., & Penman, D.J. (2011). A comparison of communal and separate rearing of families in selective breeding of common carp (*Cyprinus carpio*): Estimation of genetic parameters. *Aquaculture*, 39-46, 322-323.
- Nugroho, E., Saepudin, & Bajar, M. (2013). Kajian lapang penggunaan benih nila (*O. niloticus*) hasil pemuliaan di keramba jaring apung Jatiluhur. *Jurnal Riset Akuakultur*, 8(1), 43-49.
- Nugroho, E., Setyono, B., Su'eb, M., & Prihadi, T.H. (2016). Estimasi nilai heritabilitas bobot ikan mas varietas Punten dalam program seleksi individu. *Jurnal Riset Akuakultur*, 11(3), 217-223.
- Puong, N.T., Sinh, L.X., & Thinh, N.Q. (2007). Economics of aquaculture feeding practices. Vietnam. *FAO Fisheries Technical Paper*, 505, 183-205.
- Radona, D., Asih, S., Subagja, J., & Gustiano, R. (2016). Perbaikan mutu genetik ikan mas Rajadanu melalui seleksi. *Jurnal Riset Akuakultur*, 11(1), 15-21.
- Rakus, K.L., Wiegertjes, G.F., Stet, R.J.M., Savelkoul, H.F.J., Pilarczyk, A., & Irnazarow, I. (2003). Polymorphism of MHC class II B genes in different lines of the common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquatic Living Resources*, 16, 432-437.
- Rakus, K.L., Wiegertjes, G.F., Adamek, M., Siwicki, A., Lepa, A., & Irnazarow, I. (2009). Resistance of common carp (*Cyprinus carpio* L.) to Cyprinid herpesvirus-3 is influenced by major histocompatibility (MH) class II B gene polymorphism. *Fish & Shellfish Immunology*, 26, 737-743.
- Syahputra, K., Ariyanto, D., & Hayuningtyas, E.P. (2016a). Keragaman genetik ikan mas (*Cyprinus carpio*) varietas Rajadanu tahan Koi Herpesvirus generasi F-0 dan F-1 menggunakan tiga lokus mikrosatelit. *Jurnal Riset Akuakultur*, 11(1), 59-66.
- Syahputra, K., Himawan, Y., Ariyanto, D., & Palimirmo, F.S. (2016b). Pewarisan marka *Cyca-DAB1*05* dan keragaman genetik ikan mas (*Cyprinus carpio*) strain Rajadanu tahan infeksi koi herpesvirus dan tumbuh cepat. *Jurnal Riset Akuakultur*, 11(2), 115-123.
- Sunarto, A., Rukyani, A., & Itami, T. (2005). Indonesian experience on the outbreak of koi herpes virus in koi and carp (*Cyprinus carpio*). *Bulletin Fisheries Research Agency Supplement*, 2, 15-21.
- Taukhid, Sunarto, A., Koesharyani, I., Supriyadi, H., & Gardenia, L. (2005). Strategi pengendalian penyakit Koi Herpes Virus (KHV) pada ikan mas dan koi. Dalam Supriyadi, H. & Priono, B. (Eds.). *Strategi Pengelolaan dan Pengendalian Penyakit KHV*. Jakarta: Pusat Riset Perikanan Budidaya, hlm. 41-60.
- Tave, D. (1996). Selective breeding programmes for medium sized fish farms. *FAO Fish. Tech. Paper*, 352, p. 122.
- Vandaputte, M. (2003). Selective breeding of quantitative traits in the common carp (*Cyprinus carpio*): A review. *Aquatic Living Resources*, 16(5), 399-407.
- Vandaputte, M., Kocour, M., Mauger, S., Rodina, M., Launay, A., Gela, D., Dupont-Nivet, M., Hulak, M., & Linhart, O. (2008). Genetic variation for growth at one and two summers of age in the common carp (*Cyprinus carpio* L.): Heritability estimates and response to selection. *Aquaculture*, 227(1-2), 7-13.
- Wang, C. & Li, S. (2007). Genetic effects and genotype \times environment interactions for growth-related traits in common carp, *Cyprinus carpio* L. *Aquaculture*, 272, 267-272.
- Wohlfarth, G.W., Moav, R., & Hulata, G. (1983). A genotype-environment interaction for growth rate in the common carp, growing in intensively manured ponds. *Aquaculture*, 33(1-4), 187-195.