

Performa ikan patin siam, *Pangasianodon hypophthalmus* Sauvage, 1878 generasi ketiga hasil seleksi karakter bobot tubuh di Balai Perikanan Budidaya Air Tawar Sungai Gelam, Jambi

[Performance of the third generation striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* Sauvage, 1878 as results of the selection for bodyweight character in Freshwater Aquaculture Fisheries Center, Sungai Gelam, Jambi]

Irwan¹, Dinar Tri Soelistyowati², Odang Carman², Ronny Rachman Noor³

¹Program Studi Ilmu Akuakultur, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor
irwantanjung78@gmail.com

²Departemen Budidaya Perairan, FPIK-IPB
Jl. Agatis, Kampus IPB, Dramaga, Bogor 16680
sdinarts@yahoo.com, odangcarman@gmail.com

³Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan, Fakultas Peternakan-IPB
Jl. Agatis, Babakan, Dramaga, Bogor, Jawa Barat 16680
ronny_noor@yahoo.com

Diterima: 14 Juli 2019; Disetujui: 24 September 2019

Abstrak

Seleksi ikan patin siam (*Pangasianodon hypophthalmus* Sauvage, 1878) telah dilakukan di BPBAT Sungai Gelam untuk meningkatkan pertumbuhan dengan metode seleksi individu. Sampai tahun 2018, seleksi tersebut telah menghasilkan tiga generasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa generasi ketiga galur pertumbuhan (G_3Ps) pada tahap reproduksi, pertumbuhan benih, dan ukuran konsumsi dibandingkan dengan populasi dasar generasi kedua (G_2Ds). Sebanyak 10 pasang induk G_3Ps dan G_2Ds dipijahkan kemudian benih yang dihasilkan dibesarkan selama 120 hari pada media dengan pergantian air secara berkala (perlakuan pertama: T_1) dan tanpa pergantian air (perlakuan kedua: T_2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah telur per gram adalah 1600 ± 124 butir pada G_3Ps , berbeda nyata dengan G_2Ds yaitu 1490 ± 101 butir. Benih G_3Ps umur 40 hari memiliki bobot tubuh lebih besar dibandingkan G_2Ds dengan respons seleksi sebesar 32,25%, sedangkan sintasan dan efisiensi pakan tidak berbeda nyata. Pada tahap pembesaran ukuran konsumsi, antar perlakuan tidak berbeda nyata dan tidak ada interaksi antargalur dan perlakuan untuk karakter bobot tubuh, panjang baku, sintasan dan efisiensi pakan ($p > 0,05$). Karakter bobot tubuh G_3Ps lebih besar dibandingkan dengan G_2Ds dengan respons seleksi total untuk tiga generasi sebesar 18,41% pada T_1 dan 42,6% pada T_2 . Dengan demikian respons seleksi per generasi sebesar 6,14% pada T_1 dan 14,20% pada T_2 yang diukur pada umur 162 hari dari menetas. Disimpulkan bahwa terjadi perbaikan pada karakter bobot tubuh untuk galur pertumbuhan generasi ketiga (G_3Ps) hasil program seleksi di BPBAT Sungai Gelam baik pada lingkungan baik (T_1) maupun lingkungan buruk (T_2).

Kata penting: galur pertumbuhan, respons seleksi, seleksi individu

Abstract

Selective breeding of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus* Sauvage, 1878) has been conducted at BPBAT Sungai Gelam to produce a growth line with mass selection method. Until 2018, the selective breeding program has produced three generations. Therefore, it was necessary to evaluate the performance of the third generation growth line (G_3Ps) at the reproductive, seed and grow-out phase compared to the second generation the base population (G_2Ds). A total of 10 pairs of broodstock (G_3Ps and G_2Ds) were spawned then the seeds were raised for 120 days in the media with regular water exchange (first treatment: T_1) and without water exchange (second treatment: T_2). The results showed that the number of eggs per gram of G_3Ps (1600 ± 124 eggs g^{-1}) was significantly different from G_2Ds (1490 ± 101 eggs g^{-1}). The bodyweight of G_3Ps seeds at aged 40 days larger than G_2Ds with selection response is 32.25%, while survival and feed efficiency were not significantly different. At the grow-out phase, between treatments were not significantly different and there was no interaction between lines and treatments for all the characters measured ($p > 0.05$). The bodyweight of G_3Ps was larger than the G_2Ds with response selection 18.41% in T_1 and 42.6% in T_2 . The control used was the base population so that the selection response obtained was an accumulation of three generations. Thus the selection response per generation was 6.14% in T_1 and 14.20% in T_2 measured at 162 days from hatching. It can be concluded that there is an improvement in the character of bodyweight for the third generation of growth line (G_3Ps) as results of the selection at BPBAT Sungai Gelam both in good (T_1) and bad environment (T_2).

Keywords: growth line, mass selection, selection response

Pendahuluan

Ikan patin siam (*Pangasianodon hypophthalmus* Sauvage, 1878) merupakan komoditas air tawar yang penting di Indonesia. Produksi ikan patin siam pada tahun 2016 menempati urutan ke empat setelah ikan nila (*Oreochromis niloticus*), mas (*Cyprinus carpio*), dan lele (*Clarias gariepinus*) dalam kelompok ikan air tawar (DJPB 2016). Ikan patin siam memiliki kemampuan mengambil oksigen dari udara (Lefevre *et al.* 2011, 2013) sehingga dapat hidup dan tumbuh pada media yang rendah oksigen (Phuong *et al.* 2017). Dengan kemampuan tersebut, jutaan lahan marjinal seperti rawa atau rawa gambut yang ada di Indonesia dapat dimanfaatkan untuk budi daya ikan patin siam. Selain itu, ikan patin siam juga dapat memanfaatkan pakan buatan dengan kandungan protein yang rendah (Nguyen 2013) sehingga biaya produksi menjadi rendah. Dengan demikian ikan patin siam dapat dijadikan sumber protein hewani yang murah bagi masyarakat, karena beberapa keunggulan tersebut maka upaya perbaikan dari sisi teknologi produksi, pakan, maupun penyediaan benih yang unggul harus terus dilakukan untuk meningkatkan produktivitas ikan patin siam.

Benih merupakan salah satu mata rantai dalam akuakultur dan kualitasnya sangat menentukan keberhasilan usaha akuakultur. Benih yang unggul secara genetik dapat dihasilkan melalui program seleksi dan sampai sekarang masih dominan digunakan pada banyak spesies akuakultur (Gjedrem *et al.* 2012). Heritabilitas yang tinggi untuk karakter penting secara ekonomi, fekunditas yang tinggi, serta interval generasi yang relatif singkat pada sebagian besar spesies ikan akan menghasilkan kemajuan genetik yang cepat (Gjedrem *et al.* 2012).

Pembentukan galur pertumbuhan melalui seleksi paling banyak dikembangkan dalam program pemuliaan karena memiliki manfaat ekonomi yang besar (Janssen *et al.* 2017). Manfaat ekonomi dari galur pertumbuhan yaitu siklus produksi menjadi lebih singkat karena ikan tumbuh lebih cepat dan lebih efisien dalam pemanfaatan pakan yang merupakan penyumbang terbesar terhadap biaya produksi (Gjedrem & Baranski 2009). Rerata respons seleksi untuk karakter bobot tubuh berbagai spesies ikan yang telah dimuliakan relatif tinggi yaitu sebesar 12,7% per generasi (Gjedrem & Robinson 2014).

Balai Perikanan Budidaya Air Tawar Sungai Gelam (BPBAT Sungai Gelam) melakukan pemuliaan ikan patin siam mulai tahun 2009 untuk menghasilkan galur unggul pertumbuhan dengan menggunakan metode seleksi individu dengan bobot tubuh sebagai karakter yang diseleksi. Pada tahun 2018 telah diperoleh galur pertumbuhan generasi ketiga (G₃Ps). Penelitian ini bertujuan mengevaluasi performa G₃Ps yang meliputi aspek reproduksi, benih dan pembesaran pada kualitas air yang berbeda dan menggunakan populasi dasar generasi kedua (G₂Ds) sebagai pembanding.

Bahan dan metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan Agustus 2018 sampai dengan Februari 2019, bertempat di Balai Perikanan Budidaya Air Tawar Sungai Gelam (BPBAT Sungai Gelam) Desa Sungai Gelam, Kecamatan Sungai Gelam, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi.

Bahan percobaan

Bahan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah induk ikan patin siam hasil program seleksi yang dilakukan oleh BPBAT Sungai Gelam Jambi, terdiri atas galur pertumbuhan generasi ketiga (G_3Ps) dan populasi dasar generasi kedua (G_2Ds) yang digunakan sebagai kontrol.

Populasi Dasar

BPBAT Sungai Gelam telah mendatangkan benih patin siam ukuran 1,5-2,0 inci dari tujuh daerah di Indonesia (Riau, Jambi, Lampung, Bekasi, Subang, Bogor, dan Mandiangin) pada bulan Januari-Februari 2009 dan Vietnam serta Kamboja pada bulan September 2009. Tujuh daerah di Indonesia tersebut dipilih karena merupakan sentra produksi benih patin siam. Benih patin siam yang berasal dari Vietnam merupakan hasil produksi unit usaha pembenihan patin siam, sedangkan benih yang dari Kamboja merupakan hasil tangkapan dari alam. Benih-benih tersebut dipelihara secara terpisah sampai dewasa, kemudian dipijahkan untuk membentuk populasi dasar. Jumlah induk betina yang dipijahkan dari masing-masing daerah (Riau, Jambi, Lampung, Bekasi, Subang, Bogor, Mandiangin) sebanyak tiga ekor yang dibuahi oleh gabungan sperma jantan dari seluruh daerah (Riau, Jambi, Lampung, Bekasi, Subang, Bogor, Mandiangin, Vietnam dan Kamboja). Larva yang dihasilkan dari pemijahan tersebut dicampur secara proporsional dan dipelihara sampai dewasa. Populasi ini selanjutnya disebut sebagai populasi dasar yang diberi notasi G_iDs (G_i : generasi ke i ; Ds : populasi dasar) yang akan digunakan untuk program seleksi ikan patin siam di BPBAT Sungai Gelam. Bobot tubuh rerata betina G_1Ds pada umur 16 bulan sebesar $1,010 \pm 0,3556$ kg dan jantan sebesar

$0,8663 \pm 0,2483$ kg. Karena G_1Ds telah menua maka dilakukan peremajaan terhadap populasi dasar memijahkan G_1Ds dan kemudian anaknya diambil secara acak dan dibesarkan menjadi induk untuk menggantikan G_1Ds . Oleh karena itu, pada penelitian ini kontrol yang digunakan adalah populasi dasar generasi kedua (G_2Ds).

Galur pertumbuhan (Ps)

Pembentukan galur pertumbuhan menggunakan metode seleksi individu. Generasi pertama galur pertumbuhan (G_1Ps) diseleksi dari generasi pertama populasi dasar (G_1Ds) berdasarkan karakter bobot. G_1Ps diseleksi dari 4500 ekor populasi dasar (G_1Ds) dan diperoleh induk betina G_1Ps sebanyak 149 ekor (proporsi terseleksi 6%) dan jantan sebanyak 84 ekor (proporsi terseleksi 6%). Seleksi dilakukan pada umur 16 bulan dengan nilai diferensial seleksi untuk betina sebesar 833 gram dan jantan sebesar 563 gram.

Generasi kedua galur pertumbuhan (G_2Ps) diseleksi dari 12000 ekor anakan hasil pemijahan 15 pasang induk G_1Ps . Pemijahan dilakukan dalam dua tahap. Pemijahan tahap pertama terdiri atas tujuh pasang induk dan tahap kedua terdiri atas delapan pasang yang dilakukan pada bulan Desember 2013. Seleksi untuk memperoleh G_2Ps dari anakan G_1Ps dilakukan dalam dua tahap. Seleksi tahap pertama pada umur 12 bulan dengan proporsi terseleksi 50% dan seleksi tahap kedua pada umur 22 bulan dengan proporsi terseleksi sebesar 10%. Diperoleh induk betina G_2Ps sebanyak 92 ekor dan jantan sebanyak 35 ekor.

Generasi ketiga galur pertumbuhan (G_3Ps) diseleksi dari 7500 ekor anakan hasil pemijahan 20 pasang G_2Ps yang dilakukan pada bulan Desember 2015. Seleksi dilakukan dalam dua tahap, tahap pertama pada umur 14 bulan

dengan proporsi terseleksi sebesar 50% dan seleksi tahap kedua pada umur 24 bulan dengan proporsi terseleksi sebesar 20%. Diperoleh induk betina G₃Ps sebanyak 150 ekor dan jantan sebanyak 50 ekor. Dengan demikian, sampai bulan Januari 2018 telah diperoleh tiga generasi untuk galur pertumbuhan sampai pada ukuran dewasa.

Prosedur penelitian

Pemeliharaan dan pemijahan Induk

Induk populasi dasar (G₂Ds) dipelihara dalam dua unit kolam dengan luasan masing-masing 240 m² dan kedalaman air 1,2 m. Jumlah induk betina yang dipelihara sebanyak 85 ekor dan jantan sebanyak 25 ekor untuk masing-masing kolam. Induk galur pertumbuhan (G₃Ps) dipelihara pada dua kolam dengan ukuran 150 m² dan kedalaman air 1,2 m. Jumlah betina yang dipelihara sebanyak 75 ekor dan jantan 25 ekor untuk masing-masing kolam. Induk diberi pakan buatan dengan kandungan protein 48% yang diperkaya dengan vitamin E (dosis 300 mg kg⁻¹ pakan) dan minyak jagung (dosis 1,3%). Jumlah pakan yang diberikan sebesar 1,3% dari biomassa induk yang dipelihara dengan frekuensi pemberian pakan dua kali sehari yaitu pagi dan sore hari.

Pemijahan induk dilakukan secara buatan menggunakan hormon sGnRHa+domperidone. Pemijahan dilakukan dalam dua tahap yaitu pemijahan tahap pertama (blok 1: B₁) dan pemijahan tahap kedua (blok 2: B₂). Jumlah pasang induk yang dipijahkan untuk setiap blok sebanyak lima pasang untuk G₃Ps dan kontrol dengan interval waktu antara B₁ dan B₂ selama tujuh hari. Telur ditetaskan dengan sistem corong yang mengacu pada SNI 7982:2014 (SNI 2014). Karakter yang diukur pada tahap ini yaitu in-

deks somatik telur (IST), diameter telur yang diovulasikan, jumlah telur per gram, derajat pembuahan, dan derajat penetasan.

IST merupakan nisbah antara biomassa telur yang diovulasikan dengan biomassa induknya yang dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$IST = \frac{BT}{BTI} \times 100$$

Keterangan: IST = indeks somatik telur (%), BT = bobot telur yang diovulasikan (g), BTI = bobot tubuh induk (g).

Pengukuran diameter telur dilakukan pada telur yang diovulasikan. Pengukuran diameter telur menggunakan perangkat lunak ImageJ. Jumlah telur per gram dihitung dengan cara menimbang telur yang baru diovulasikan sebanyak 0,100-0,200 g kemudian dihitung jumlahnya dan selanjutnya konversi untuk mengetahui jumlah telur per gram. Telur yang tidak dibuahi yaitu telur yang berwarna putih (*opaque*) setelah 8 jam pembuahan. Derajat pembuahan dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$DPB = \frac{JTB}{JTT} \times 100$$

Keterangan: DPB = derajat pembuahan (%), JTB = jumlah telur yang dibuahi, JTT = jumlah telur yang ditetaskann (g).

Derajat penetasan merupakan nisbah antara jumlah telur yang menetas dibandingkan dengan jumlah telur yang dibuahi yang dihitung setelah 24 jam dari pembuahan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$DPT (\%) = \frac{JTM}{JTB} \times 100$$

Keterangan: DPT = derajat penetasan (%), JTB = jumlah telur yang dibuahi, JTM = jumlah telur yang menetas (g).

Pemeliharaan larva dan pendederan

Larva dari setiap induk dipelihara secara terpisah di panti benih (*hatchery*) menggunakan akuarium (volume air 100 L) dengan padat tebar 25 ekor L⁻¹ selama 15 hari. Larva diberi pakan naupli artemia sampai umur enam hari, dengan frekuensi lima kali sehari secara *at satiation*. Selanjutnya sampai umur 15 hari, diberi pakan *Tubifex* sp. dengan frekuensi empat kali sehari secara *at satiation*. Penggantian air dari hari 5-7 sebanyak 50% per hari, selanjutnya penggantian sebanyak 100% per hari. Pada hari ke 16, dilakukan pemanenan untuk penjarangan dan dilanjutkan ke tahap pendederan. Pendederan merupakan lanjutan dari kegiatan pemeliharaan larva, dilakukan pada tempat dan wadah yang sama dengan yang digunakan untuk pemeliharaan larva. Benih dipelihara selama 25 hari dengan sistem air mengalir (debit air 0,5-0,8 L menit⁻¹) selama 24 jam. Jumlah benih yang dipelihara untuk setiap induk sebanyak 500 ekor dengan padat tebar 5 ekor L⁻¹. Benih diberi pakan buatan dengan kandungan protein 40-42%, frekuensi pemberian pakan dua kali sehari secara *at satiation*. Parameter yang diukur yaitu bobot tubuh, panjang baku, sintasan dan efisiensi pakan. Bobot tubuh ditimbang menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,01 g, panjang baku diukur menggunakan penggaris dengan ketelitian 1 mm, dan sintasan dihitung pada akhir kegiatan pemeliharaan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Sintasan (\%)} = \frac{N_t}{N_o} \times 100$$

Keterangan: N_o = jumlah ikan pada awal penelitian, N_t = jumlah ikan pada akhir penelitian.

Efisiensi pakan dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{EP (\%)} = \left\{ \frac{[(W_t + \text{BM}) - W_o]}{P} \right\} \times 100$$

Keterangan: EP = efisiensi pakan (%), P = jumlah pakan yang diberikan selama pemeliharaan (g), W_o = biomassa ikan pada awal pemeliharaan (g), BM = bobot ikan yang mati selama pemeliharaan (g), W_t = biomassa ikan pada waktu akhir pemeliharaan (g).

Pembesaran

Benih dibesarkan pada dua perlakuan yang terdiri atas dua blok (B₁ dan B₂) untuk masing-masing perlakuan. Perlakuan pertama mencerminkan lingkungan yang baik (T₁: lingkungan baik) untuk budi daya patin siam yaitu dipelihara dalam bak beton yang berada dalam ruangan dengan sistem air mengalir (debit air 5-6 L menit⁻¹) dan diberi aerasi. Perlakuan kedua mencerminkan lingkungan yang buruk (T₂: lingkungan buruk) untuk budi daya patin siam yaitu tanpa penggantian air, berada di luar ruangan dan tanpa aerasi. Wadah yang digunakan yaitu bak beton berukuran 5x8x1 m³ yang disekat menggunakan jaring sehingga menjadi 15 bagian (setiap bagian berukuran 2,6x1x1 m³). Jumlah benih yang ditebar per unit ulangan sebanyak 50 ekor, kemudian dilakukan penjarangan setelah 70 hari masa pemeliharaan menjadi 35 ekor. Ikan diberikan pakan buatan bersifat apung dengan kandungan protein 32-34%. Frekuensi pemberian pakan dua kali sehari secara *at satiation*. Kegiatan pembesaran dilakukan selama 120 hari. Parameter yang diukur yaitu bobot tubuh, panjang baku, sintasan, dan efisiensi pakan. Cara penghitungan sintasan dan efisiensi sama seperti pada sub bab pemeliharaan larva dan pendederan.

Parameter kualitas air yang diukur yaitu oksigen terlarut, pH, dan suhu menggunakan Lutron WA-2017SD, TAN (total amonia nitrogen) menggunakan alat HANNA HI 83203, dan kecerahan menggunakan cakram Secchi.

Analisis data

Data yang diperoleh pada tahap pemijahan, pemeliharaan larva, dan pendederan dianalisis menggunakan ANOVA dengan model (1), sedangkan data yang diperoleh pada tahap pembesaran dianalisis menggunakan ANOVA dengan model (2). Kedua model statistik tersebut mengacu pada Steel & Torrie (1980).

Data yang diperoleh pada tahap pemijahan, pemeliharaan larva, pendederan dan pembesaran ditabulasi menggunakan microsoft office excel 2007 dan dianalisis sidik ragam (*analysis of variance*, ANOVA) menggunakan SAS 9.4 for windows.

$$Y_{ij} = \mu + B_i + G_j + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

Keterangan: Y_{ij} rata-rata dari sifat yang diamati pada periode pemijahan (blok) ke i dan galur ke j ($i = 1, 2$; $j = 1, 2$), μ adalah rata-rata sifat yang diamati dari populasi, B_i adalah pengaruh tahap pemijahan ke i , G_j adalah pengaruh galur ke j dan ϵ_{ij} adalah galat dari sifat yang diamati pada periode ke i dan galur ke j .

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + G_j + T_k + GT_{jk} + \epsilon_{ijk} \quad (2)$$

Keterangan: Y_{ijk} adalah rata-rata sifat yang diamati, μ adalah rata-rata populasi dari parameter yang diamati, B_i adalah pengaruh tahap pemijahan (blok) ($i = 1,2$), G adalah pengaruh galur ke j ($j = 1,2$), T_k adalah pengaruh perlakuan ke k ($k = 1,2$), GT_{jk} adalah interaksi antara galur ke j dan perlakuan ke k ($k = 1,2$) dan ϵ_{ijk} adalah galat pada pengamatan ke ijk .

Respons seleksi mengukur kemajuan dari suatu program seleksi dihitung menggunakan persamaan (3) yang mengacu pada Gjedrem (2005). Kontrol yang digunakan untuk mengu-

kur respons seleksi karakter galur pertumbuhan generasi ketiga (G_3Ps) adalah populasi dasar generasi kedua (G_2Ps) sehingga besaran respons yang diperoleh merupakan respons total untuk tiga generasi.

$$R = \bar{x}_s - \bar{x}_d \quad (3)$$

Keterangan: R = respons seleksi, \bar{x}_s = rerata karakter populasi terseleksi dan \bar{x}_d = rerata karakter populasi dasar/kontrol.

Hasil

Performa reproduksi

Parameter kinerja reproduksi galur pertumbuhan generasi ketiga (G_3Ps) dan populasi dasar generasi kedua (G_2Ds) sebagai kontrol disajikan pada Tabel 1. Bobot induk betina dan jumlah telur per gram G_3Ps lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (G_2Ds) ($P < 0,05$) sedangkan bobot induk jantan, indeks somatik telur (IST), diameter telur (saat ovulasi), derajat pembuahan, dan derajat penetasan telur tidak berbeda nyata.

Performa benih

Sintasan dan efisiensi pakan benih umur 40 hari antara G_3Ps dan G_2Ds tidak berbeda nyata, sedangkan bobot tubuh rerata G_3Ps lebih besar dibandingkan kontrol dengan respons seleksi sebesar 32,25% (Tabel 2). Demikian juga panjang baku dan panjang total galur pertum-

Tabel 1 Performa reproduksi (rerata ± simpangan baku) patin siam galur pertumbuhan generasi ketiga (G_3Ps) dan kontrol (populasi dasar generasi kedua: G_2Ds)

Karakter	Kontrol	G_3Ps
Bobot induk betina (kg)	4,51±0,80 ^a	5,27±0,64 ^b
Bobot induk jantan (kg)	3,22±0,33 ^a	3,61±0,32 ^a
Indeks somatik telur (%)	15,51±4,15 ^a	14,29±4,13 ^a
Diameter telur (mm)	1,236±0,084 ^a	1,263±0,066 ^a
Jumlah telur per gram (butir)	1490±101 ^a	1600±124 ^b
Derajat pembuahan (%)	71,03±17,36 ^a	67,88±10,93 ^a
Derajat penetasan (%)	69,25±16,89 ^a	62,14±13,58 ^a

Angka dengan huruf tika atas yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ($P > 0,05$).

buhan lebih panjang jika dibandingkan kontrol dengan respons seleksi sebesar 14,27% dan 14,41% secara berurutan.

Performa produksi

Pemeliharaan pada tahap pembesaran dilakukan selama 120 hari. Perlakuan yang diberikan (T₁ dan T₂) tidak berbeda nyata dan tidak ada interaksi antara galur dan perlakuan untuk semua karakter yang diukur (bobot tubuh, panjang baku, sintasan dan efisiensi pakan). Akan tetapi antara G₃Ps dan kontrol berbeda nyata (P<0,05) untuk karakter bobot tubuh sementara untuk karakter yang lain tidak berbeda nyata (Tabel 3).

Respons seleksi G₃Ps untuk karakter yang diukur disajikan pada Tabel 3. Respons seleksi karakter bobot tubuh bernilai positif dan

lebih besar pada T₂ (42,60%) dibandingkan dengan T₁ (18,41%), sedangkan respons seleksi karakter sintasan dan efisiensi pakan sangat kecil.

Data oksigen terlarut dan suhu pada tahap pembesaran disajikan pada Gambar 1, sedangkan pH, kecerahan, dan TAN disajikan pada Gambar 2. Oksigen terlarut, suhu, dan pH relatif stabil pada T₁ dibandingkan dengan T₂. Nilai pH pada T₂ sangat fluktuatif dengan kisaran 6,50-9,87 sementara pada T₁ pada kisaran 6,03-7,10. Oksigen terlarut pada T₂ sangat rendah pagi hari (<1 mg L⁻¹) sedangkan pada T₁ terendah pada nilai 4,18 mg L⁻¹. TAN pada T₁ pada kisaran yang rendah (0,45-0,99 mg L⁻¹) sedangkan pada T₂ terus meningkat seiring bertambahnya waktu pemeliharaan dengan kisaran 0,33-3,65 mg L⁻¹.

Tabel 2 Performa benih (rerata ± simpangan baku) patin siam galur pertumbuhan generasi ketiga (G₃Ps) dan kontrol (generasi kedua populasi dasar: G₂Ds) umur 40 hari

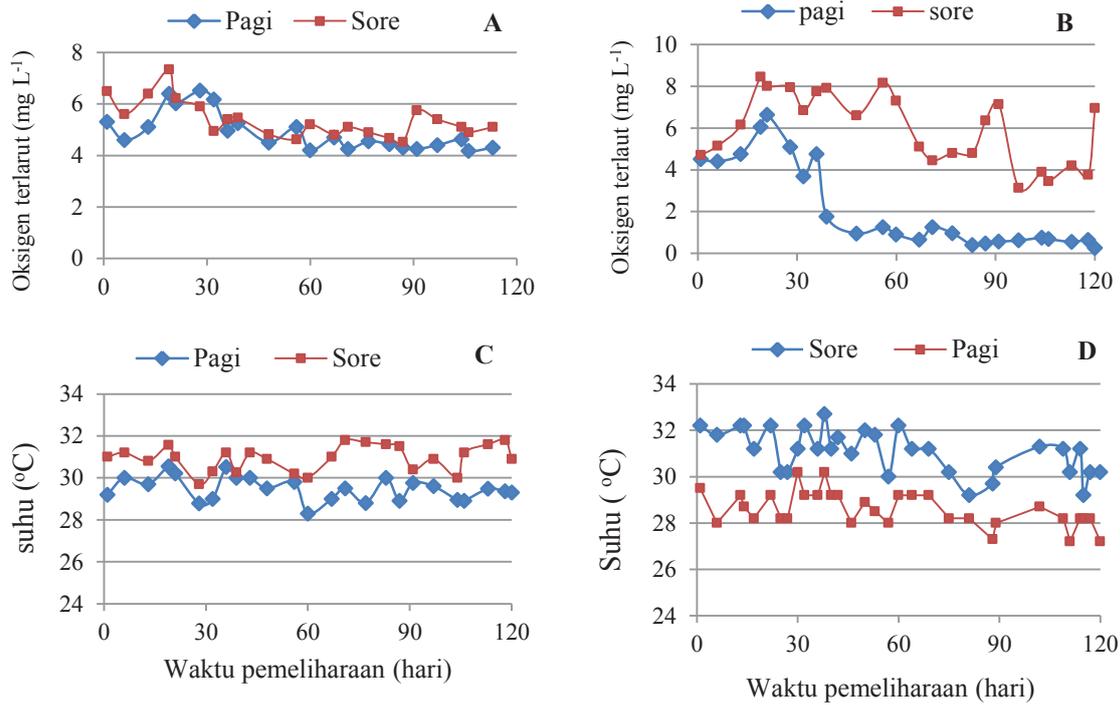
Karakter	Kontrol	G ₃ Ps	Respons seleksi (%)
Bobot tubuh (g)	0,93±0,23 ^a	1,23±0,30 ^b	32,25
Panjang baku (mm)	40,21±2,88 ^a	45,95±3,66 ^b	14,27
Panjang total (mm)	48,08±3,47 ^a	55,01±4,39 ^b	14,41
Sintasan (%)	83,85±21,66 ^a	85,99±20,09 ^a	2,55
Efisiensi pakan (%)	177,46±51,02 ^a	173,02±33,21 ^a	-2,50

Angka dengan huruf tika atas yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (P>0,05).

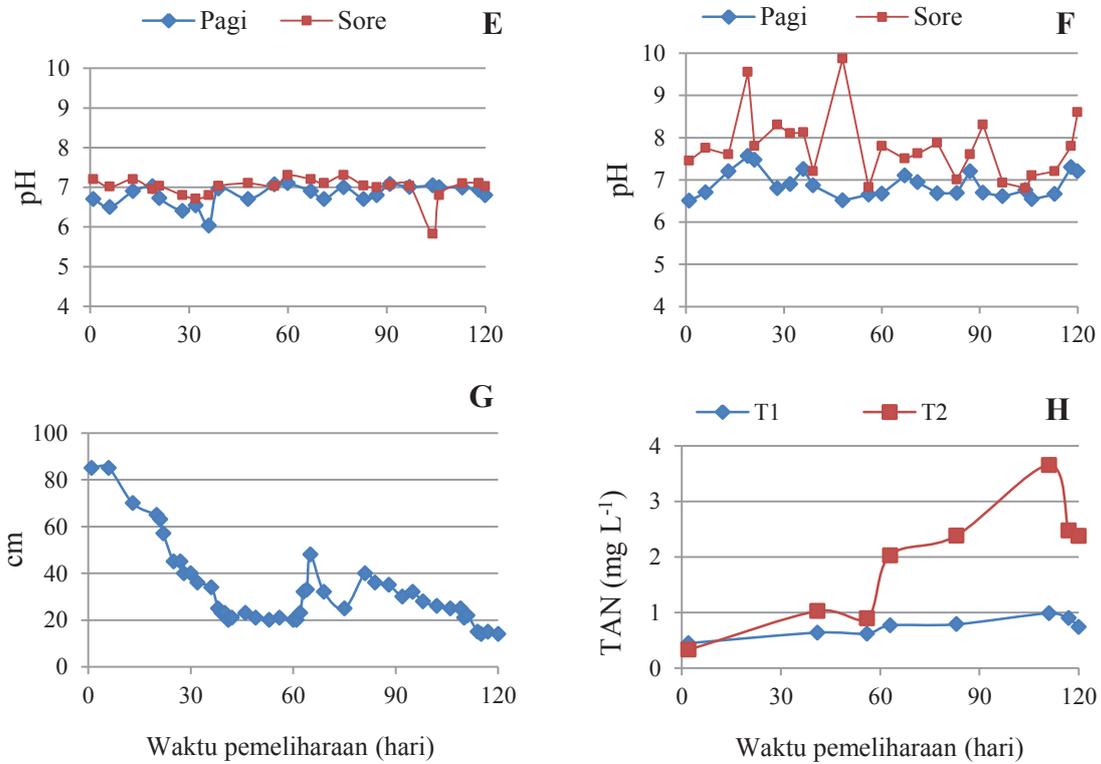
Tabel 3 Performa produksi (rerata±simpangan baku) patin siam galur pertumbuhan generasi ketiga (G₃Ps) dan kontrol (generasi kedua populasi dasar: G₂Ds) umur 162 hari dari menetas

Karakter	Perlakuan	Kontrol	G ₃ Ps	Respons seleksi (%)
Bobot tubuh (g)	T ₁	175,02± 54,80 ^a	207,23± 42,10 ^a	18,41
	T ₂	171,29±48,91 ^a	244,27±76,71 ^b	42,60
Panjang baku (cm)	T ₁	21,77±2,30 ^a	22,50±1,50 ^a	3,35
	T ₂	21,92±1,84 ^a	23,74±2,62 ^a	8,28
Sintasan (%)	T ₁	97,71±3,76 ^a	97,73±3,75 ^a	0,02
	T ₂	98,29±1,48 ^a	97,43±2,50 ^a	-0,87
Efisiensi pakan (%)	T ₁	98,96±5,30 ^a	96,76±8,85 ^a	-2,22
	T ₂	102,60±9,31 ^a	97,22±7,12 ^a	-5,27

Angka dengan huruf tika atas yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbedanyata(P>0,05). T₁: Ikan dipelihara dalam ruangan dengan sistem air mengalir. T₂: Ikan dipelihara di luar ruangan dan tanpa pergantian air.



Gambar 1 Parameter kualitas air media pemeliharaan pada lingkungan baik (T₁): oksigen terlarut (A) dan suhu (C); lingkungan buruk (T₂): oksigen terlarut (B) dan suhu (D) yang diukur pada pagi (06.00-08.00 WIB) dan sore (16.00-17.00 WIB) hari.



Gambar 2 Parameter kualitas air media pemeliharaan pada lingkungan baik (T₁): pH (E) dan TAN (H); lingkungan buruk (T₂): pH (F), kecerahan (G) dan TAN (H) yang diukur pada pagi (06.00-08.00 WIB) dan sore (16.00-17.00 WIB) hari.

Pembahasan

Nilai suhu, pH, oksigen terlarut, dan TAN pada T₁ berada pada kisaran yang layak untuk budi daya ikan patin siam (Vu *et al.* 2016). Sebaliknya oksigen terlarut pada T₂ sangat rendah ($< 1 \text{ mg L}^{-1}$) pada pagi hari. Namun demikian, patin siam dapat hidup pada kondisi hipoksia karena memiliki gelembung renang yang berfungsi mengambil oksigen dari udara (Browman & Kramer 1985). Akan tetapi kondisi hipoksia akan meningkatkan frekuensi pengambilan oksigen dari udara yang membutuhkan energi sehingga dapat mengurangi laju pertumbuhan ikan patin siam (Lefevre *et al.* 2013). Fluktuasi pH yang tinggi pada T₂ sore hari akibat fotosintesis oleh fitoplankton yang tumbuh subur karena melimpahnya nutrisi. Nilai pH yang tinggi dapat mengubah keseimbangan NH_4^+ menjadi NH_3 yang lebih bersifat toksik bagi ikan sehingga pH yang tinggi berbahaya jika kandungan TAN juga cukup tinggi pada media pemeliharaan. Nilai TAN pada T₂ lebih tinggi dibandingkan dengan T₁. Namun demikian, performa produksi G₃Ps pada T₂ cukup baik karena tidak berbeda nyata dengan yang dipelihara pada lingkungan baik (T₁).

Performa reproduksi sangat penting dalam usaha pembenihan ikan, oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi dampak seleksi terhadap performa reproduksi. Hasil penelitian ini menunjukkan seleksi individu berdasarkan karakter bobot tubuh yang telah dilakukan untuk membentuk galur pertumbuhan sampai generasi ketiga tidak berdampak negatif terhadap performa reproduksi. Karakter IST (indeks somatik telur), diameter telur, derajat pembuahan, dan derajat penetasan tidak berbeda dengan kontrol, namun terdapat kenaikan jumlah telur per gram pada G₃Ps dibandingkan dengan kontrol (Tabel 1).

Hamzah *et al.* (2014a) melaporkan bahwa seleksi berdasarkan karakter pertumbuhan pada ikan nila juga tidak berdampak negatif terhadap performa reproduksi dan ada korelasi genetik yang positif (0,75-0,92) antara jumlah telur, jumlah larva, dan bobot larva. Tan *et al.* (2017) melaporkan ada korelasi genetik yang positif (0,90±0,19) antara bobot badan dan jumlah telur pada udang *Litopenaeus vannamei*, yang menunjukkan bahwa perbaikan pada karakter bobot tubuh dapat meningkatkan jumlah telur yang dihasilkan. Selain itu, seleksi karakter bobot tubuh juga dapat mempercepat usia dewasa pada ikan nila (Longalong *et al.* 1999), dengan demikian dapat mempercepat siklus reproduksi, mempersingkat interval generasi sehingga kemajuan genetik yang signifikan akan lebih cepat dicapai.

Pertumbuhan merupakan karakter yang dianggap penting dalam program seleksi karena memiliki dampak ekonomi yang besar (Gjedrem & Rye 2016, Janssen *et al.* 2017). Peluang keberhasilan program seleksi untuk karakter pertumbuhan cukup besar karena heritabilitas bobot tubuh berkisar dari sedang hingga tinggi seperti pada ikan *Cyprinus carpio* 0,25±0,04-0,39±0,06 (Nguyen *et al.* 2013), ikan *Oncorhynchus mykiss* 0,28±0,08-0,43±0,14 (Leeds *et al.* 2016). Bahkan pada ikan *Oreochromis niloticus* strain GIFT generasi ke 10 masih memiliki heritabilitas sebesar $0,24 \pm 0,031$ (Hamzah *et al.* 2014b).

Hasil penelitian ini menunjukkan program seleksi pada ikan patin siam galur pertumbuhan generasi ketiga (G₃Ps) menghasilkan respons seleksi yang positif dan relatif tinggi untuk karakter bobot tubuh. Respons seleksi karakter bobot tubuh sebesar 18,41% yang dipelihara pada lingkungan baik (T₁) dan 42,60% pada lingkungan buruk (T₂) yang diukur pada umur 162 hari dari menetas (Tabel 3). Respons per

generasi berkisar 6,13%-14,20% untuk karakter bobot tubuh. Respons seleksi pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan patin siam hasil seleksi di BPPI Sukamandi yang memperoleh respons seleksi untuk karakter bobot tubuh sebesar 18,54% (Tahapari *et al.* 2018). Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh perbedaan populasi dasar, metode seleksi yang digunakan atau ukuran ikan saat respons seleksi diukur. Pada penelitian ini, respons seleksi diukur pada umur 162 hari sedangkan pada program seleksi di BPPI Sukamandi diukur pada umur di atas satu tahun. Menurut Chevassus *et al.* (2004) dan Leeds *et al.* (2016) besaran respons dimungkinkan meningkat jika dilakukan pengukuran pada ukuran yang lebih besar. Pada program seleksi ikan patin siam di Vietnam diperoleh respons seleksi rerata dari lima generasi sebesar 9,3% (Nguyen *et al.* 2019). Respons seleksi per generasi untuk karakter bobot tubuh pada spesies yang lain seperti ikan nila berkisar antara 6,64% dan 14,20% (Rezk *et al.* 2009, Thodesen *et al.* 2012, Bentsen *et al.* 2017, Hamzah *et al.* 2017, dan Nugroho *et al.* 2017) dan ikan *Oncorhynchus mykiss* 11,9% (Leeds *et al.* 2016).

Perlakuan media pemeliharaan (T_1 dan T_2) tidak berbeda secara signifikan dan juga tidak ada interaksi antara galur dan perlakuan untuk semua karakter yang diukur (bobot tubuh, panjang baku, sintasan, dan efisiensi pakan). Hal ini menunjukkan G_3Ps dapat tumbuh baik pada lingkungan yang baik (T_1) maupun pada lingkungan yang buruk (T_2). Dengan demikian pembentukan galur pertumbuhan dengan menyeleksi karakter bobot tubuh tidak berdampak negatif terhadap kemampuan G_3Ps untuk tumbuh dengan baik pada lingkungan yang buruk. Hal ini diduga disebabkan oleh gen-gen yang dibutuhkan untuk bertahan hidup dalam ling-

kungan buruk ikut terseleksi, karena calon induk galur pertumbuhan dari generasi pertama sampai dengan generasi ketiga diproduksi pada kolam “tadah hujan” yaitu pergantian air hanya terjadi pada musim hujan sehingga pada musim kemarau kualitas memburuk karena tidak ada pergantian air. Hasil penelitian ini sejalan dengan yang dilaporkan oleh Premachandra *et al.* (2017) pada ikan *Seriola lalandi* dan Ngoet *et al.* (2016) pada ikan tilapia. Dengan demikian G_3Ps dapat dibudidayakan pada kolam tadah hujan yang merupakan wadah yang umum digunakan untuk budi daya ikan patin siam di Indonesia.

Efisiensi pakan merupakan karakter penting dalam industri akuakultur karena pakan merupakan komponen terbesar dari biaya produksi. Kontribusi pakan terhadap biaya produksi pada industri akuakultur ikan nila di China berkisar 60-70% (Yuan *et al.* 2017). Pada penelitian ini, efisiensi pakan galur pertumbuhan (G_3Ps) tidak berbeda nyata dengan kontrol namun respons seleksi bernilai negatif walaupun relatif rendah (Tabel 3). Ini artinya peningkatan laju pertumbuhan tidak berdampak terhadap peningkatan biaya produksi secara signifikan. Berdasarkan pengamatan di lapangan, nafsu makan galur G_3Ps lebih tinggi dan ini juga terlihat dari jumlah pakan yang dikonsumsi G_3Ps lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Dengan demikian pertambahan pertambahan bobot tubuh G_3Ps lebih besar dibandingkan dengan kontrol. Pada program seleksi yang lain, kemajuan genetik karakter bobot tubuh memiliki korelasi positif dengan efisiensi pakan, berkisar 0,60-0,90 pada ikan *Salmo salar* (Kolstad *et al.* 2004).

Menurut Gjedrem (2005), heritabilitas arti sempit adalah bagian dari total ragam yang disebabkan oleh perbedaan antara nilai pemuliaan antar individu dalam populasi. Karakter de-

ngan heritabilitas yang tinggi memiliki peluang besar untuk memperoleh respons seleksi yang tinggi. Heritabilitas riil karakter bobot tubuh pada generasi pertama galur pertumbuhan (G_1Ps) sebesar 0,287 dan generasi kedua (G_2Ps) sebesar 0,298 (Diolah dari laporan tahunan BPBAT Sungai Gelam tahun 2016 dan 2017). Menurut Gjedrem (2005) nilai heritabilitas tersebut tergolong tinggi (0,20-0,40), sehingga peluang untuk mendapatkan respons seleksi yang tinggi pada generasi berikutnya cukup besar. Pada program seleksi ikan patin siam di Vietnam, diperoleh heritabilitas dugaan untuk karakter bobot tubuh berkisar 0,24±0,09-0,34±0,13 (Nguyen *et al.* 2012). Heritabilitas karakter bobot tubuh pada ikan *Oncorhynchus mykiss* 0,28-0,43 (Leeds *et al.* 2016), ikan *Lates calcarifer* 0,34±0,07 (Yeet *et al.* 2017), dan ikan *Oreochromis niloticus* berkisar 0,24-0,56 (Thodesen *et al.* 2012, Hamzahet *et al.* 2014b, Nguyen *et al.* 2014, de Oliveira *et al.* 2016).

Kemajuan genetik (respons seleksi) untuk karakter dengan nilai heritabilitas yang sedang membutuhkan beberapa generasi guna mencapai kemajuan yang tinggi. Namun demikian, kemajuan genetik yang tinggi dalam waktu relatif singkat dapat dicapai karena interval generasi relatif pendek, pada ikan patin siam 2,167 tahun. Percepatan kemajuan genetik dapat dicapai dengan meningkatkan intensitas seleksi mengingat fekunditas ikan patin siam yang cukup tinggi (Bui *et al.* 2010). Strategi lain yang dapat dilakukan untuk mempercepat kemajuan genetik dengan melakukan seleksi tidak langsung (*indirect selection*) dengan menyeleksi karakter lain yang memiliki heritabilitas tinggi dan korelasi genetik/fenotipik yang positif dengan karakter yang diinginkan. Dalam penelitian ini, bobot tubuh memiliki

korelasi fenotipik yang tinggi dengan panjang baku ($r = 0,96$) namun nilai heritabilitas riil karakter panjang baku masuk kategori sedang (0,22-0,34). Dengan demikian hasilnya tidak akan jauh berbeda dengan seleksi terhadap bobot tubuh, namun dari sisi teknis dapat dipertimbangkan menjadi karakter yang diseleksi karena kemudahan dan akurasi dalam pengukuran panjang dibandingkan bobot tubuh.

Simpulan

Ikan patin siam galur pertumbuhan generasi ketiga (G_3Ps) hasil seleksi di BPBAT Sungai Gelam menghasilkan peningkatan jumlah telur, bobot benih umur 40 hari serta bobot tubuh pada tahap pembesaran dengan respons seleksi lebih tinggi pada lingkungan buruk (T_2) yaitu sebesar 42,60% dibandingkan pada lingkungan baik (T_1) yaitu sebesar 18,41% .

Persantunan

Terima kasih disampaikan kepada Pusat Pendidikan Kementerian Kelautan dan Perikanan atas biaya pendidikan yang telah diberikan dan kepada Balai Perikanan Budidaya Air Tawar Sungai Gelam atas semua materi dan fasilitas penelitian yang telah diberikan.

Daftar pustaka

- Bentsen HB, Gjerde B, Eknath AE, Palada MS, Vera D, Velasco RR, Danting JC, Dionisio EE, Longalong FM, Reyes RA *et al.* 2017. Genetic improvement of farmed tilapias: Response to five generations of selection for increased body weight at harvest in *Oreochromis niloticus* and the further impact of the project. *Aquaculture*, 468: 206-217.
- Browman MW, Kramer DL. 1985. *Pangasius sutchi* (Pangasiidae), an air-breathing catfish that uses the swimbladder as an accessory respiratory organ. *Copeia*, 1985(4): 994-998.

- Bui TM, Phan LT, Ingram BA, Nguyen TTT, Gooley GJ, Nguyen H V, Nguyen PT, Silva SS De. 2010. Seed production practices of striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* in the Mekong Delta region, Vietnam. *Aquaculture*, 306(1-4): 92-100.
- Chevassus B, Quillet E, Krieg F, Hollebecq M, Mambrini M, Faure A, Labbe L, Hiseux J, Vandeputte M. 2004. Enhanced individual selection for selecting fast growing fish: the "PROSPER" method, with application on brown trout (*Salmo trutta fario*). *Genetics Selection Evolution*, 36(6): 643-661.
- de Oliveira CAL, Ribeiro RP, Yoshida GM, Kunita NM, Rizzato GS, de Oliveira SN, dos Santos A, Nguyen NH. 2016. Correlated changes in body shape after five generations of selection to improve growth rate in a breeding program for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in Brazil. *Journal of Applied Genetics*, 57(4): 487-493.
- [DJPB] Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. 2016. Laporan kinerja tahun 2016: DJPB. Jakarta.
- Gjedrem T (editor). 2005. *Selection and breeding programs in aquaculture*. Springer, Dordrech. 364 p.
- Gjedrem T, Baranski M (editor). 2009. *Selective Breeding in aquaculture: an introduction*. Springer, Dordrech. 221 p.
- Gjedrem T, Robinson N, Rye M. 2012. The importance of selective breeding in aquaculture to meet future demands for animal protein: a review. *Aquaculture*, 350-353: 117-129.
- Gjedrem T, Robinson N. 2014. Advances by selective breeding for aquatic species: a review. *Agricultural Sciences*, 5: 1152-1158.
- Gjedrem T, Rye M. 2016. Selection response in fish and shellfish: a review. *Reviews in Aquaculture*, 10(1): 1-12.
- Hamzah A, Ngo PT, Nguyen HN. 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*, 58(4): 509-519.
- Hamzah A, Nguyen NH, Mekaway W, Khaw HL. 2014a. Genetic parameters and correlated responses in female reproductive traits in the GIFT strain. *Aquaculture Research*, 47(5): 1488-1498.
- Hamzah A, Ponzoni R, Nguyen NH, Khaw HL. 2014b. Genetic evaluation 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.
- Janssen K, Chavanne H, Berentsen P, Komen H. 2017. Impact of selective breeding on European aquaculture. *Aquaculture*, 472: 8-16.
- Kolstad K, Grisdale-helland B, Gjerde B. 2004. Family differences in feed efficiency in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 241(1-4): 169-177.
- Leeds TD, Vallejo RL, Weber GM, Gonzalez-pena D, Silverstein JT. 2016. Response to five generations of selection for growth performance traits in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 465: 341-351.
- Lefevre S, Do TTH, Nguyen TKH, Wang T, Nguyen TP, Bayley M. 2011. A telemetry study of swimming depth and oxygen level in a pangasius pond in the Mekong Delta. *Aquaculture*, 315(3-4): 410-413.
- Lefevre S, Wang T, Do TTH, Nguyen TKH, Bayley M. 2013. Partitioning of oxygen uptake and cost of surfacing during swimming in the air-breathing catfish *Pangasianodon hypophthalmus*. *Journal of Comparative Physiology B*, 183(2): 215-221.
- Longalong FM, Eknath AE, Bentsen HB. 1999. Response to bi-directional selection for frequency of early maturing females in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 178(1-2): 13-25.
- Ngo PT, Nguyen HN, Nguyen TH, Knibb W, Nguyen HD, Nguyen HN. 2016. Additive genetic and heterotic effects in a 4x4 complete diallel cross-population of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758) reared in different water temperature environments in Northern Vietnam. *Aquaculture Research*, 47(3): 708-720.

- Nguyen HN, Ponzoni RW, Nguyen HN, Williams JA, Taggart JB, McAndrew BJ, Penman D. 2013. A comparison of communal and separate rearing of families in selective breeding of common carp (*Cyprinus carpio*): responses to selection. *Aquaculture*, 408-409:152-159.
- Nguyen TP. 2013. On-farm feed management practices for striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) in Mekong River Delta, Viet Nam. In M.R. Hasan and M.B. New (eds). *On-farm feeding and feed management in aquaculture*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 583. Rome, FAO. pp. 241-267.
- Nguyen HN, Ngo PT, Knibb W, Nguyen HN. 2014. Selection for enhanced growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in brackish water (15-20 ppt) in Vietnam. *Aquaculture*, 428-429:1-6
- Nguyen TV, Nguyen VS, Tran HP, Nguyen TV, Nguyen HN. 2019. Genetic evaluation of a 15-year selection program for high growth in striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus*. *Aquaculture*, 509: 221-226.
- Nguyen VS, Klemetsdal G, Ødegård J, Gjøen HM. 2012. Genetic parameters of economically important traits recorded at a given age in striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Aquaculture*, 344-349: 82-89.
- Nugroho E, Mayadi L, Budileksono S. 2017. Heritabilitas dan perolehan genetik pada bobot ikan nila hasil seleksi. *Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati*, 16(2): 129-135.
- Phuong LM, Huong DTT, Nyenggaard JR, Bayley M. 2017. Gill remodelling and growth rate of striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus* under impacts of hypoxia and temperature. *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 203: 288-296.
- Premachandra HKA, Hong N, Miller A, Antignana TD, Knibb W. 2017. Genetic parameter estimates for growth and non-growth traits and comparison of growth performance in sea cages vs land tanks for yellowtail kingfish *Seriola lalandi*. *Aquaculture*, 479: 169-175.
- Rezk MA, Ponzoni RW, Ling H, Kamel E, Dawood T, John G. 2009. Selective breeding for increased body weight in a synthetic breed of Egyptian Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: response to selection and genetic parameters. *Aquaculture*, 293(3-4): 187-194.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 2014. Sarana penetasan telur ikan patin siam (*Pangasianodon hypophthalmus*) dengan sistem corong. SNI 7982:2014. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta. 8 p.
- Steel RGD, Torri JH. 1980. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 2nd Ed. McGraw-Hill, New York. 633 p.
- Tahapari E, Darmawan J, Suharyanto. 2018. Genetic improvement of growth trait in Siamese catfish (*Pangasianodon hypophthalmus* Sauvage, 1878) through family selection. *AAFL Bioflux*, 11(5): 1648-1657.
- Tan J, Kong J, Cao B, Luo K, Liu N, Meng X, Xu S, Guo Z, Chen G, Luan S. 2017. Genetic parameter estimation of reproductive traits of *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Ocean University of China*, 16(1): 161-167.
- Thodesen J, Rye M, Wang YX, Bentsen HB, Gjedrem T. 2012. Genetic improvement of tilapias in China: genetic parameters and selection responses in fillet traits of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after six generations of multitrait selection for growth and fillet yield. *Aquaculture*, 366-367: 67-75.
- Vu NU, Huynh TG, Truong QP, Morales J, Nguyen TP. 2016. Assessment of water quality in catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) production systems in the Mekong delta. *Can Tho University Journal of Science*, 3: 71-78.
- Ye B, Wan Z, Wang L, Pang H, Wen Y, Liu H, Liang B, Lim HS, Jiang J, Yue G. 2017. Heritability of growth traits in the Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture and Fisheries*, 2(3): 112-118.
- Yuan Y, Yongming Y, Dai Y, Yunchong G. 2017. Economic profitability of tilapia farming in China. *Aquaculture International*, 25(3): 1253-1264.