

**PERTUMBUHAN DAN SIGOSITAS IKAN LELE AFRIKA (*Clarias gariepinus*)
TRANSGENIK F-2 YANG MEMBAWA GEN HORMON PERTUMBUHAN IKAN
PATIN SIAM (*Pangasianodon hypophthalmus*)**

Huria Marnis[#], Bambang Iswanto, Rommy Suprpto, Imron, dan Raden Roro Sri Pudji Sinarni Dewi

Balai Penelitian Pemuliaan Ikan

(Naskah diterima: 18 April 2015; Revisi final: 4 Juni 2015, Disetujui publikasi: 5 Juni 2015)

ABSTRAK

Teknologi transgenesis telah banyak digunakan untuk memperbaiki karakter pertumbuhan pada ikan budidaya. Pada penelitian sebelumnya, telah dihasilkan ikan lele transgenik F-1 yang memiliki pertumbuhan lebih cepat. Penelitian ini bertujuan untuk menguji performa pertumbuhan, dan mengidentifikasi sigositas ikan lele transgenik F-2. Ikan lele transgenik F-2 dihasilkan dari persilangan antar ikan lele transgenik F-1. Sigositas ikan F-2 dievaluasi menggunakan uji progeni dengan menyilangkan antara ikan transgenik F-2 dan non-transgenik. Parameter digunakan untuk mengevaluasi performa ikan lele transgenik F-2 meliputi: derajat pembuahan, derajat penetasan, sintasan larva, pertumbuhan, dan efisiensi pakan. Analisis sigositas ikan lele transgenik F-2 dilakukan dengan menggunakan uji progeni. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transgen (*PhGH*) yang ada pada ikan transgenik tidak memengaruhi derajat pembuahan dan derajat penetasan embrio, serta sintasan larva. Populasi ikan lele transgenik F-2 memiliki laju pertumbuhan 75,3% lebih tinggi dibandingkan populasi ikan non-transgenik ($P < 0,05$). Efisiensi pakan ikan transgenik adalah 51,95% lebih tinggi dari ikan non-transgenik ($P < 0,05$). Hasil analisis sigositas ikan lele transgenik F-2 dari 56 ekor yang diuji, hanya 16 ekor ikan lele membawa gen *PhGH*, semuanya heterozigot.

KATA KUNCI: performa pertumbuhan, transgenik, sigositas, hormon pertumbuhan, *Clarias gariepinus*

ABSTRACT: *Performance and zygosity of F-2 transgenic African catfish (Clarias gariepinus) containing growth hormone gene of striped catfish (Pangasianodon hypophthalmus). By: Huria Marnis, Bambang Iswanto, Rommy Suprpto, Imron, and Raden Roro Sri Pudji Sinarni Dewi*

Transgenesis technology has been widely used to improve the growth trait in fish farming. In our previous study, fast-growing F-1 transgenic African catfish has been produced. The aim of this study was to evaluate the growth performance and to identify the zygosity of F-2 transgenic African catfish. F-2 transgenic has been produced by mating inter of F-1 transgenics. The zygosity F-2 transgenic was evaluated by progeny test of F2 transgenic and non-transgenic. Parameters used to evaluate the performance of F-2 transgenic were fertilization rate, hatching rate, survival rate, growth, and feed conversion ratio (FCR). The results showed that transgene (PhGH) in F-2 transgenic has not affected to fertilization rate, hatching rate, and survival rate. Growth rate of F-2 transgenic population was 75.3% higher than that non-transgenic siblings ($P < 0.05$). FCR of F-2 transgenic was 51.79% higher than that non-transgenic ($P < 0.05$). The result of zygosity analysis of 56 F-2 transgenic individuals showed that only 16 individuals carried PhGH gene with heterozygous genotype.

KEYWORDS: growth performance, transgenic, zygosity, growth hormone, African catfish

PENDAHULUAN

Ikan budidaya dengan produktivitas yang lebih tinggi sangat diperlukan untuk mempertahankan pasokan produk perikanan dengan semakin meningkat-

nya permintaan. Ada beberapa metode yang dilakukan untuk meningkatkan produktivitas ikan budidaya, salah satu di antaranya adalah metode transgenesis dengan penyisipan gen hormon pertumbuhan. Ikan transgenik cepat tumbuh telah banyak dikembangkan dan digunakan di banyak laboratorium di seluruh dunia sebagai model untuk memahami mekanisme pertumbuhan dan perkembangan dan diharapkan dapat dikomersialkan untuk produk pangan (Hallerman et al., 2007; Hu & Zhu, 2010).

[#] Korespondensi: Balai Penelitian Pemuliaan Ikan.
Jl. Raya Sukamandi No. 2, Subang 41256, Indonesia.
Tel.: + (0260) 520500
E-mail: marnis.huria@gmail.com

Penelitian tentang transgenik terus dilakukan, termasuk penelitian tentang performa dan identifikasi sigositas ikan transgenik yang telah disisipkan gen hormon pertumbuhan, seperti pada ikan nila (*Oreochromis sp.*) (Martinez *et al.*, 1996; 1999; Rahman *et al.*, 1998; 2001), mud loach (*Misgurnus mizolepis*) (Nam *et al.*, 2001; 2002), salmon Atlantik (*Salmo salar*) (Fletcher *et al.*, 2004), dan coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) (Devlin *et al.*, 2004). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa penyisipan gen GH eksogen pada ikan transgenik dapat memperbaiki performa ikan seperti meningkatkan laju pertumbuhan spesifik dan efisiensi konversi pakan (Fu *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2001).

Performa ikan transgenik dapat dibedakan secara visual, tetapi sigositasnya tidak dapat dibedakan secara visual. Meskipun demikian, secara prakteknya diperlukan identifikasi sigositas ikan transgenik untuk kegiatan pemuliaan. Ikan transgenik homozigot diperlukan untuk memproduksi ikan transgenik secara massal dalam kegiatan budidaya.

Pada penelitian sebelumnya telah dihasilkan ikan lele transgenik F-1 yang mempunyai pertumbuhan dua kali lipat dibandingkan ikan non-transgenik. Ikan lele F-1 yang dihasilkan diharapkan dapat menurunkan karakteristik pertumbuhan cepat pada generasi kedua (F-2). Ikan transgenik F-2 dihasilkan dengan cara mengawinkan sesama induk transgenik F-1. Penelitian ini bertujuan untuk menguji performa pada ikan lele transgenik F-2, yang meliputi: karakter derajat pembuahan, derajat penetasan, dan sintasan larva, pertumbuhan dan efisiensi konversi pakan, dan untuk mengetahui identifikasi sigositas ikan lele transgenik F-2.

BAHAN DAN METODE

Ikan Uji

Ikan uji yang digunakan pada penelitian ini adalah ikan lele Afrika transgenik F-2 yang membawa konstruksi gen pCcBA-PhGH (Dewi, 2010). Sebanyak enam pasang ikan lele transgenik F-1 disilangkan secara buatan sehingga menghasilkan keturunan ikan transgenik F-2. Uji progeni menggunakan 56 ekor ikan lele transgenik F-2 disilangkan masing-masing dengan non-transgenik sehingga menghasilkan keturunan ikan lele transgenik generasi F-3.

Derajat Pembuahan, Derajat Penetasan, dan Sintasan Larva

Sperma ikan transgenik F-1 digunakan untuk membuahi sel telur ikan transgenik F-1, ikan non-transgenik digunakan sebagai kontrol. Inkubasi telur dilakukan dalam akuarium yang diaerasi selama 24

jam. Larva yang diperoleh dipelihara selama satu bulan sampai menjadi yuwana kemudian dihitung tingkat sintasannya.

Derajat pembuahan dihitung satu jam setelah proses pembuahan. Sel telur yang berhasil dibuahi akan berwarna bening sedangkan sel telur yang tidak dibuahi akan berwarna buram atau putih. Derajat pembuahan dihitung berdasarkan persentase antara jumlah telur yang dibuahi dibagi jumlah total telur (Winarsih, 1996). Derajat penetasan dihitung pada saat lebih dari 90% telur menetas setelah 18 jam difertilisasi. Derajat penetasan merupakan persentase antara jumlah telur yang menetas dibagi dengan jumlah telur yang terbuahi (Winarsih, 1996). Tingkat sintasan larva menunjukkan persentase larva yang bertahan hidup setelah satu bulan pemeliharaan (Goddard, 1996).

Pertumbuhan dan Nilai Konversi Pakan (FCR) Ikan Lele Transgenik F-1

Pengujian performa pertumbuhan dan rasio konversi pakan ikan dilakukan pada ikan lele transgenik satu keturunan dan sebagai pembanding digunakan ikan non-transgenik dengan umur yang sama. Ukuran ikan yang digunakan mempunyai bobot rata-rata $39,55 \pm 38,23$ g untuk ikan transgenik dan $12,06 \pm 10,20$ g untuk ikan non-transgenik. Sebanyak sepuluh ekor ikan transgenik dan non-transgenik dipelihara secara individu pada tanki dengan kondisi pemeliharaan yang sama selama tiga bulan. Total volume air yang digunakan dengan perbandingan 10 liter untuk 100 g bobot badan ikan, selama pemeliharaan air di erasi. Pemberian pakan dilakukan sebanyak dua kali sekali (pukul 08.00 dan 16.00) secara satiasi menggunakan pakan komersial dengan kandungan protein 30% (781-2 dan 78-1). Pengukuran bobot badan dilakukan setiap 15 hari selama tiga bulan pemeliharaan. Bobot badan ikan transgenik dan non-transgenik usia tiga bulan digunakan untuk menghitung laju pertumbuhan harian atau laju pertumbuhan spesifik (SGR) dengan menggunakan rumus $SGR = [(Ln \text{ Bobot akhir} - Ln \text{ Bobot awal}) / \text{Waktu pengamatan} \times 100]$ (Zonneveld, 1991). Nilai konversi pakan (FCR) = $[(\text{Jumlah total pakan yang dikonsumsi}) : (\text{Biomassa akhir} - \text{Biomassa awal})]$ (NRC, 1977).

Identifikasi Sigositas Individu Ikan Transgenik F-2 dengan Uji Progeni

Uji progeni dilakukan untuk mengidentifikasi sigositas ikan lele transgenik F-2 dengan cara menyilangkan sebanyak 30 ekor ikan lele transgenik F-2 betina dengan jantan non-transgenik dan 26 ekor ikan lele transgenik F-2 jantan dengan betina non-transgenik. Identifikasi sigositas dilakukan dengan mendeteksi keberadaan transgen pada individu-

individu F-3 hasil persilangan dari induk F-2 dan mengevaluasi transmisi transgen dari F-2 ke F-3 dengan menggunakan metode PCR.

Genom DNA pada masing-masing populasi F-3 dari 56 induk F-2 diekstraksi menggunakan kit Gene Jet Genomic DNA Purification (*Thermo Scientific*) sesuai dengan petunjuk penggunaan. Deteksi transgen dilakukan pada DNA genom hasil ekstraksi dengan PCR menggunakan kit *faststart* PCR master (*Roche, Germany*) dan diamplifikasi dengan PCR mycycler (*Biorad*). Komposisi bahan yang digunakan untuk proses PCR adalah: 10 µL master kit PCR, 1,5 µL primer (10 pmol/µL), 2 µL DNA genom dan ditambahkan *water free RNase* hingga mencapai total volume 25 µL. Primer yang digunakan adalah ACT-107F (5'-GTGTGT GAC GCT GGA CCA ATC -3') dan phGH2R (5'-CGATAA GCA CGC CGA TGC CCA TTT-3') dengan ukuran fragmen 1.500 bp (Hidayani, 2009; Dewi, 2010). Proses PCR dilakukan dengan denaturasi pada suhu 94°C selama 30 detik, penempelan primer pada suhu 60°C selama 30 detik dan pemanjangan pada suhu 72°C selama satu menit, sebanyak 35 siklus. Hasil PCR dipisahkan dengan menggunakan elektroforesis pada gel agarose (*vivantis*) 2,0% dalam larutan TAE 1x selama 60 menit pada tegangan 60 volt. Sebanyak 3 µL volume ampikon dicampur dengan *loading dye* 1,0 µL. DNA diberi pewarna gelred (*biotium*) 1 µg/mL, dan divisualisasi menggunakan transluminator UV.

Analisis Data

Data derajat pembuahan, derajat penetasan, sintasan, pertumbuhan, efisiensi pakan, dan sigositas ikan lele transgenik dianalisis secara deskriptif dan statistik. Analisis statistik menggunakan uji *one way Anova* dengan SPSS versi 16 untuk parameter derajat pembuahan dan derajat penetasan, sedangkan untuk melihat perbedaan signifikan antara ikan transgenik dan non-transgenik untuk parameter laju pertumbuhan dan rasio konversi pakan (FCR) menggunakan analisis statistik *t-Student's* dengan selang kepercayaan 95%. Data sigositas ikan lele transgenik F-2 dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN BAHASAN

Derajat Pembuahan, Derajat Penetasan, dan Sintasan Larva

Hasil penelitian menunjukkan bahwa derajat pembuahan, derajat penetasan, dan sintasan larva ikan lele setelah satu bulan pemeliharaan tidak berbeda antara kontrol dan perlakuan ($P > 0,05$) (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa transgen (*PhGH*) yang ada pada ikan transgenik tidak memengaruhi kemampuan derajat pembuahan, derajat penetasan telur, dan sintasan larva. Hasil penelitian yang sama juga dilaporkan oleh Zhong *et al.* (2012) pada ikan mas transgenik dan Bessey *et al.* (2004) pada ikan transgenik salmon coho.

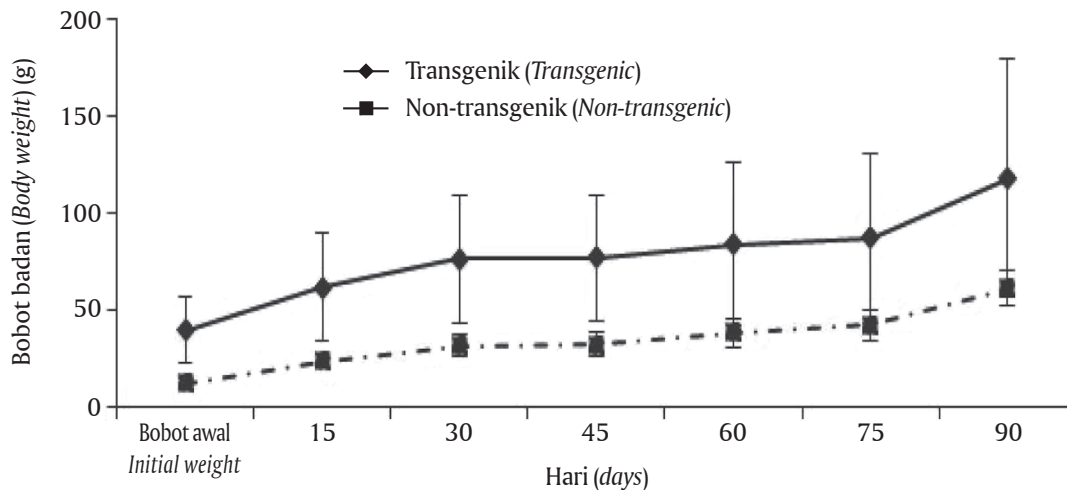
Performa Pertumbuhan Ikan Lele Transgenik F-1

Populasi ikan lele transgenik F-2 memiliki pertumbuhan 75,3% lebih tinggi dibandingkan populasi ikan non-transgenik ($P < 0,05$). Laju pertumbuhan spesifik (SGR) ikan lele transgenik sebesar $0,81 \pm 1,12\%$ /hari dan non-transgenik $0,20 \pm 0,14\%$ /hari. Pada umur tiga bulan rata-rata bobot ikan transgenik sebesar 118,10 g; sedangkan ikan non-transgenik sebesar 61,28 g pada umur yang sama (Gambar 1). Pertumbuhan ikan lele transgenik yang lebih cepat jika dibandingkan dengan non-transgenik karena aktivitas promotor β -aktin yang digunakan pada penelitian ini. Promotor β -aktin dapat aktif di semua jaringan (Hwang *et al.*, 2003; Cho *et al.*, 2011); setiap saat dan tidak memerlukan induksi dari luar (Volckaert *et al.*, 1994). Hasil penelitian ini juga didukung dengan data ekspresi gen *PhGH* yang dapat terekspresi di berbagai organ (data belum dipublikasi). Pada penelitian ini menunjukkan bahwa aktivitas promotor β -aktin ikan mas (promotor heterolog) yang digunakan mampu mengenal RNA polimerase ikan lele yang mengendalikan ekspresi gen hormon pertumbuhan, sehingga mengakibatkan ikan lele transgenik tumbuh lebih cepat dibandingkan ikan non-transgenik. Hal ini juga menunjukkan bahwa tidak selamanya promoter heterolog mengakibatkan regulasi "*feedback negative*".

Tabel 1. Derajat pembuahan, derajat penetasan, dan sintasan ikan lele Afrika transgenik pada umur satu bulan

Table 1. Fertilization rate, hatching rate, and one-month-old survival rate of transgenic African catfish

Populasi <i>Population</i>	Derajat pembuahan <i>Fertilization rate (%)</i>	Derajat penetasan <i>Hatching rate (%)</i>	Sintasan satu bulan <i>One month-old survival rate (%)</i>
Ikan lele transgenik F-2 <i>African catfish transgenic F-2</i>	99.34±0.06	80.68±0.18	35.5
Ikan lele non-transgenik <i>African catfish non-transgenic</i>	99.71±0.46	76.68±0.12	35.22

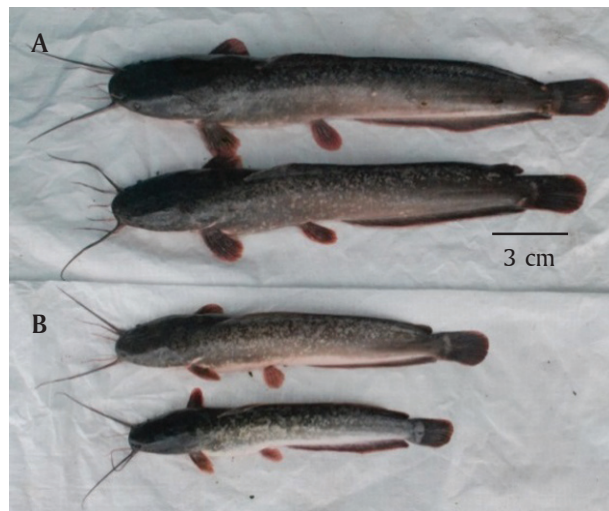


Gambar 1. Pertumbuhan ikan lele Afrika transgenik F-2 yang membawa gen hormon pertumbuhan ikan patin Siam (Bar merupakan standar error untuk 10 ekor ikan (n = 10))

Figure 1. Growth of African catfish transgenic F-2 containing striped catfish growth hormone gene (Vertical bars represent standard error for ten fishes (n = 10))

Hasil penelitian yang sama juga dilaporkan oleh Yoshizaki (2001) bahwa promotor heterolog yang digunakan yaitu promotor β -aktin dari ikan medaka ternyata mampu mengekspresikan gen GFP yang kuat pada ikan rainbow trout. Menurut Zhu (1992), perbedaan pertumbuhan antara ikan transgenik dengan non-transgenik mungkin timbul dari perbedaan situs kromosom integrasi, jumlah gen tandem yang menyisip pada lokus, serta efektivitas promotor digunakan pada ikan transgenik.

Respons pertumbuhan bobot pada ikan lele transgenik bervariasi di antara individu diakibatkan oleh ekspresi transgen yang berbeda antar individu. Hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Uh *et al.* (2006) menunjukkan level ekspresi, integrasi transgen secara acak ke dalam genom, dan bervariasinya jumlah transgen menyebabkan perbedaan ukuran dan pertumbuhan pada masing-masing individu ikan mas transgenik tumbuh cepat. Populasi ikan lele F-2 yang diintroduksi gen PhGH memiliki pertumbuhan lebih dari 75% dibandingkan rata-rata bobot non-transgenik (Gambar 2). Hasil penelitian ini sedikit lebih rendah dibandingkan ikan lele F-1 yang memiliki pertumbuhan dua kali lipat dibandingkan kontrol (Marnis *et al.*, 2013). Tsai (2000) melaporkan bahwa pertumbuhan ikan loach (*Misgurnus anguilicaudatus*) transgenik F-2 meningkat sampai dua kali lipat dibandingkan non-transgenik. Pada ikan ayu (*Plecoglossus altivelis*) transgenik F-2 pertumbuhan meningkat sampai dua kali lipat dibandingkan non-transgenik setelah diintroduksi gen rtGH1 (Cheng *et al.*, 2002). Pertumbuhan ikan salmon Atlantik 2-6 kali dibandingkan kontrol setelah dilakukan transfer konstruksi gen AFP-csGHc (Du *et al.*, 1992). Ikan transgenik coho salmon F-2 memiliki bobot 2-3 kali dibanding kon-



Gambar 2. Ikan lele transgenik F-2 (A) dan non-transgenik (kontrol) (B) pada umur lima bulan

Figure 2. African catfish transgenic F-2 (A) and non-transgenic (control) (B) in five-months-old

trol (Devlin *et al.*, 1994; Devlin *et al.*, 2004). Cook *et al.* (2000) juga melaporkan bahwa pertumbuhan ikan salmon (*Salmo salar*) transgenik F-2 sebesar 2,62-2,85 dibandingkan non-transgenik.

Nilai Rasio Konversi Pakan (FCR) pada Ikan Lele Transgenik F-2

Nilai konversi pakan ikan transgenik F-2 pada umur tiga bulan adalah $0,86 \pm 0,06$ dan non-transgenik $1,79 \pm 0,57$. Hal ini mengindikasikan bahwa efisiensi pakan ikan lele transgenik generasi kedua 51,95% lebih tinggi dari ikan non-transgenik ($P < 0,05$). Hasil penelitian ini lebih baik dibandingkan dengan yang dila-

porkan oleh Kobayashi *et al.* (2007) bahwa efisiensi pakan ikan nila transgenik 35% lebih tinggi jika dibandingkan ikan nila non-transgenik. Menurut Rahman *et al.* (1998), efisiensi pakan ikan nila transgenik 20% lebih tinggi dibandingkan non-transgenik. Menurut Zhong *et al.* (2012), tingginya efisiensi pakan pada ikan transgenik akan menyebabkan peningkatan pertumbuhan.

Tingginya efisiensi pakan ikan lele transgenik F-2 berhubungan dengan keberadaan transgen (*PhGH*) dan ekspresi transgen yang dapat mengakibatkan terjadinya perubahan di dalam endokrin dan metabolik pada ikan lele transgenik sehingga dapat menurunkan konsumsi pakan. Peningkatan nafsu makan dan motivasi makan pada ikan transgenik (Duan *et al.*, 2009; Oakes *et al.*, 2007) dapat mengurangi pemborosan pakan (Devlin *et al.*, 2004). Selanjutnya, pening-

katan penyerapan usus (Stevens *et al.*, 1999; Stevens & Devlin, 2000; 2005) dan kemampuan pencernaan protein yang tinggi juga dapat meningkatkan efisiensi pakan (Cook *et al.*, 2000). Hasil penelitian ini sama dengan yang dilaporkan oleh Fu *et al.* (2007) bahwa efisiensi pakan ikan transgenik lebih tinggi dibanding kontrol karena introduksi gen pertumbuhan pada ikan mas (*Cyprinus carpio*), pada ikan nila (Rahman *et al.*, 1998), ikan *mud loach* (*Misgurnus mizolepis*) (Nam *et al.*, 2001), pada ikan salmon Atlantik (Cook *et al.*, 2000; Devlin *et al.*, 2004; Raven *et al.*, 2006).

Identifikasi Sigositas Individu Ikan Transgenik F-2

Hasil uji progeni yang dilakukan pada induk ikan lele transgenik F-2 menunjukkan bahwa total dari 56 ekor induk yang diuji tidak ada yang homozigot.

Tabel 2. Hasil uji progeni induk ikan lele transgenik F-2

Table 2. The result of progeny test of African catfish transgenic F-2

Kode induk betina F-2 <i>Code of female F-2 broodstock</i>	Transmisi transgen <i>Transmission of transgene (%)</i>	Genotipe <i>Genotype</i>	Kode induk Jantan F-2 <i>Code of male F-2 broodstock</i>	Transmisi transgen <i>Transmission of transgene (%)</i>	Genotipe <i>Genotype</i>
4460	0 (0/20)	-	4837	0 (0/20)	-
1120	0 (0/20)	-	4469	0 (0/20)	-
4761	0 (0/20)	-	4479	0 (0/20)	-
1231	0 (0/20)	-	1164	0 (0/20)	-
1139	0 (0/20)	-	1146	0 (0/20)	-
1172	0 (0/20)	-	4458	20 (4/20)	H
4854	0 (0/20)	-	4859	40 (8/20)	H
4461	0 (0/20)	-	4817	40 (8/20)	H
4825	0 (0/20)	-	1159	20 (4/20)	H
1204	0 (0/20)	-	4458	20 (4/20)	H
4770	30 (6/20)	H	4859	40 (8/20)	H
4774	0 (0/20)	-	4466	(0/20)	-
1851	0 (0/20)	-	1847	0 (0/20)	-
1157	0 (0/20)	-	1235	20 (4/20)	H
4463	5 (1/20)	H	4803	0 (0/20)	-
4839	25 (5/20)	H	1740	0 (0/20)	-
4834	0 (0/20)	-	1221	40 (8/20)	H
1202	0 (0/20)	-	1752	0 (0/20)	-
1231	0 (0/20)	-	4468	0 (0/20)	-
4854	0 (0/20)	-	4450	30 (6/20)	H
1210	0 (0/20)	-	4457	0 (0/20)	-
1152	0 (0/20)	-	4450	0 (0/20)	-
4749	15 (3/20)	H	4444	30 (6/20)	H
4763	0 (0/20)	-	4468	0 (0/20)	-
1857	0 (0/20)	-	1725	75 (15/20)	H
4759	0 (0/20)	-	1159	20 (4/20)	H

Keterangan (Note):

H = Heterozigot (*Heterozygous*); - = Non-transgenik (*Non-transgenic*)

Sebanyak 16 ekor induk merupakan heterozigot dan sisanya sebanyak 40 ekor induk tidak ditemukan adanya keturunan yang membawa transgen. Pada uji ini, total transmisi transgen dari induk F-2 ke F-3 berkisar 0%-75%. Pada induk betina menghasilkan transmisi berkisar 0%-30%, yang positif membawa transgen hanya empat ekor, dan sisanya sebanyak 26 ekor negatif dari 30 ekor yang diuji. Pada induk jantan berkisar 0%-75%, yang positif membawa transgen 12 ekor dan sisanya 14 ekor negatif dari 26 ekor yang diuji (Tabel 2).

Menurut Shears *et al.* (1991), transmisi transgen pada ikan transgenik mengikuti pola pewarisan Mendel, di mana jika sesama ikan transgenik heterozigot disilangkan akan membentuk ikan transgenik homozigot. Pada umumnya homozigot dihasilkan dari persilangan antar sesama ikan transgenik F-2. Selanjutnya Alimuddin *et al.* (2007) menyatakan bahwa jumlah ikan transgenik homozigot yang diperoleh dari persilangan antar ikan transgenik tersebut secara teoritis adalah sekitar 25% dari populasi, namun pada penelitian ini belum ditemukan ikan lele transgenik homozigot. Hal ini karena ikan lele transgenik F-2 dibentuk dari persilangan antar sesama ikan transgenik F-1, sehingga mengakibatkan transgen pada ikan lele transgenik F-2 belum stabil. Tewari *et al.* (1992) menyatakan bahwa transgen dapat terintegrasi pada satu atau beberapa lokasi di kromosom. Hal ini yang menyebabkan perbedaan sigositas pada ikan transgenik F-2. Hasil penelitian ini berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Martinez *et al.* (1999). Hasil persilangan sesama ikan transgenik F-1 menghasilkan sebanyak 25% individu ikan transgenik F-2 yang homozigot. Selanjutnya Rahman *et al.* (1998) juga melaporkan telah mengidentifikasi lima ikan nila transgenik homozigot dari hasil persilangan sesama induk transgenik F-2.

Dengan demikian, belum ada individu ikan lele transgenik yang bersifat homozigot. Strategi yang akan dilakukan untuk membentuk ikan lele transgenik F-2 homozigot adalah dengan mencoba menyilangkan ikan lele transgenik F-1 dengan non-transgenik untuk membentuk ikan lele transgenik F-2 heterozigot. Tahap selanjutnya dilakukan pembentukan ikan lele F-3 homozigot dengan menyilangkan antar sesama ikan lele transgenik F-2 heterozigot.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa transgen (*PhGH*) yang ada pada ikan transgenik tidak memengaruhi derajat pembuahan, derajat penetasan embrio, dan sintasan larva. Ikan lele transgenik F-2 mempunyai performa yang baik dengan pertumbuhan lebih tinggi dibandingkan populasi ikan non-transge-

nik dan mempunyai efisiensi pakan lebih tinggi dari ikan non-transgenik. Hasil identifikasi sigositas ikan lele transgenik F-2 semuanya bersifat heterozigot.

DAFTAR ACUAN

- Alimuddin, Yoshizaki, G., & Carman, O. (2007). Metode cepat untuk identifikasi sigositas pada ikan transgenik. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 6(2), 177-182.
- Bessey, C., Devlin, R.H., Liley, N.R., & Biagi, C.A. (2004). Reproductive performance of growth-enhanced transgenic coho salmon. *Transactions of the American Fisheries Society*, 133, 1205-1220.
- Cheng, C.A., Lu, K.L., Lau, E.L., Yang, T.Y., Lee, C.Y., Wu, J.L., & Chang, C.Y. (2002). Growth promotion in ayu (*Plecoglossus altivelis*) by gene transfer of the rainbow trout growth hormone gene. *Zool. Stud.*, 41(3), 303-310.
- Cho, Y.S., Lee, S.Y., Kim, Y.K., Kim, D.S., & Nam, Y.K. (2011). Functional ability of cytoskeletal β -actin regulator to drive constitutive and ubiquitous expression of a fluorescent reporter throughout the life cycle of transgenic marine medaka *Oryzias dancena*. *Transgenic Research*, 20(6), 1333-1355.
- Cook, J.T., McNiven, M.A., Richardson, G.F., & Sutterlin, A.M. (2000). Growth rate, body composition and feed digestibility/conversion of growth enhanced Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 188, 15-32.
- Devlin, R.H., Yesaki, T.Y., Biagy, C.A., Donaldson, E.M., Swanson P., & Chan, W.K. (1994). Extraordinary salmon growth. *Nature*, 371, 209-210.
- Devlin, R.H., Biagi, C.A., & Yesaki, T.Y. (2004). Growth, viability and genetic characteristics of GH transgenic coho salmon strains. *Aquaculture*, 236, 607-632.
- Dewi, R.R.S.P.S. (2010). *Studi over-ekspresi gen penyandi hormon pertumbuhan melalui elektroforesis sperma untuk membuat ikan patin siam transgenik cepat tumbuh*. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor, 75 hlm.
- Du, S.J., Gong, Z., Fletcher, G.L., Shears, M.A., King, M.J., Idler, D.R., & Hew. C.L. (1992). Growth enhancement in transgenic Atlantic salmon by the use of an "all fish" chimeric growth hormone gene construct. *Biol. Tech.*, 10, 176-180.
- Duan, M., Zhang, T., Hu, W., Sundstrom, L.F., Wang, Y., Li, Z., & Zhu, Z. (2009). Elevated ability to compete for limited food resources by 'all-fish' growth hormone transgenic common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Journal of Fish Biology*, 75, 1459-1472.
- Fletcher, G.L., Shears, M.A., Yaskowiak, E.S., King, M.J., & Goddard, S.V. (2004). Gene transfer: potential to enhance the genome of Atlantic salmon for aquaculture. *Aust. J. Exp. Agr.*, 44, 1095-1100.

- Fu, C., Li, D., Hu, W., Wang, Y., & Zhu, Z. (2007). Fast-growing transgenic common carp mounting compensatory growth. *Journal of Fish Biology*, 71, 174-185.
- Goddard, S. (1996). Feed management in intensive aquaculture. Chapman and hall. New York, 194 pp.
- Hallerman, E.M., McLean, E., & Fleming, I.A. (2007). Effects of growth hormone transgenes on the behavior and welfare of aquacultured fishes: a review identifying research needs. *Applied Animal Behaviour Science*, 104, 265-294.
- Hidayani, A.A. (2009). *Isolasi dan efektivitas promotor β -aktin dalam mengarahkan ekspresi gen target pada transgenesis ikan mas (*Cyprinus carpio*)*. Tesis. 35 hlm.
- Hu, W., & Zhu, Z.Y. (2010). Integration mechanisms of transgenes and population fitness of GH transgenic fish. *Science China. Life Sciences*, 53, 401-408.
- Hwang, G.L., Rahman, M.A., Razak, S.A., Sohm, F., Farahmand, H., Smith, A., Brooks, C., & Maclean, N. (2003). Isolation and characterization of tilapia β -actin promoter and comparison of its activity with carp β -actin promoter. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1625, 11-18.
- Kobayashi, S.I., Alimuddin, Morita, T., Endo, M., Takeuchi, T., & Yoshizaki, G. (2007). Transgenic Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) over expressing growth hormone show reduced ammonia excretion. *Aquaculture*, 270, 427-435.
- Li, D.L., Fu, C.Z., Hu, W., Zhong, S., Wang, Y.P., & Zhu, Z.Y. (2007). Rapid growth cost in "all fish" growth hormone gene transgenic carp: reduced critical swimming speed. *Chinese Science Bulletin*, 52, 1501-1506.
- Marnis, H., Iswanto, B., Suprpto, R., Imron., & Dewi, R.R.S.P.S. (2013). Pembentukan dan evaluasi performa ikan lele Afrika (*Clarias gariepinus*) transgenik F-1. Laporan Teknis Hasil Penelitian Balai Penelitian Pemuliaan Ikan Tahun 2013. Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan, 25 hlm.
- Martinez, R., Estrada, M.P., Berlanga, J., Guillen, I., Hernandez, O., Cabrera, E., Pimentel, R., Morales, R., Herrera, F., Morales, A., Pina, T.C., Abad, Z., Sanchez, V., Melamed, P., Leonart, R., & de la Fuente, J. (1996). Growth enhancement in transgenic tilapia by ectopic expression of tilapia growth hormone. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 5, 62-70.
- Martinez, R., Arenal, A., Estrada, M.P., Herrera, F., Huerta, V., Vázquez, J., Sánchez, T., & de la Fuente, J. (1999). Mendelian transmission, transgene dosage and growth phenotype in transgenic tilapia (*Oreochromis hornorum*) showing ectopic expression of homologous growth hormone. *Aquaculture*, 173, 271-283.
- National Research Council (NCR). (1977). Nutrient Requirements of warmwater fishes. National Academy of Science. Washington D. C., 78 pp.
- Nam, Y.K., Noh, J.K., Cho, Y.S., Cho, H.J., Cho, K.N., Kim, C.G., & Kim, D.S., (2001). Dramatically accelerated growth and extraordinary gigantism of transgenic mudloach (*Misgurnus mizolepis*). *Transgenic Research*, 10, 353-362.
- Nam, Y.K., Cho, Y.S., Cho, H.J., & Kim, D.S. (2002). Accelerated growth performance and stable germ-line transmission in androgenetically derived homozygous transgenic mud loach (*Misgurnus mizolepis*). *Aquaculture*, 209, 257-270.
- Oakes, J.D., Higgs, D.A., Eales, J.G., & Devlin, R.H. (2007). Influence of ration level on the growth performance and body composition of non-transgenic and growth hormone-transgenic coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture*, 265, 309-324.
- Rahman, M.A., Mak, R., Ayad, H., Smith, A., & Maclean, N. (1998). Expression of a novel piscine growth hormone gene results in growth enhancement in transgenic tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Transgenic Research*, 7, 357-369.
- Rahman, M.A., Ronyai, A., Engidaw, B.Z., Jauncey, K., Hwang, G.L., Smith, A., Roderick, E., Penman, D., Varadi, L., & Maclean, N. (2001). Growth and nutritional trials on transgenic Nile tilapia containing an exogenous fish growth hormone gene. *Journal of Fish Biology*, 59, 62-78.
- Raven, P.A., Devlin, R.H., & Higgs, D.A. (2006). Influence of dietary digestible energy content on growth, protein and energy utilization and body composition of growth hormone transgenic and non-transgenic coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture*, 254, 730-747.
- Shears, M.A., Fletcher, G.L., Hew, C.L., Gauthier, S., & Davies, P.L. (1991). Transfer, expression, and stable inheritance of anti freeze protein genes in Atlantic salmon (*Salmon salar*). *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 1, 58-63.
- Stevens, E.D., & Devlin, R.H. (2005). Gut size in GH-transgenic coho salmon is enhanced by both the GH transgene and increased food intake. *J. Fish Biol.*, 66, 1633-1648.
- Stevens, E.D., & Devlin, R.H. (2000). Intestinal morphology in growth hormone transgenic coho salmon. *Journal of Fish Biology*, 56, 191-195.
- Stevens, E.D., Wagner, G.N., & Sutterlin, A. (1999). Gut morphology in growth hormone transgenic Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology*, 55, 517-526.

- Tewari, R., Michard-Vanhée, C., Perrot, E., & Chourrout, D. (1992). Mendelian transmission, structure and expression of transgenes following their injection into the cytoplasm of trout eggs. *Transgenic Research*, 1, 250-260.
- Tsai, H.J. (2000). Electroporated sperm mediation of a gene transfer system for finfish and shellfish. *Mol. Repro. Dev.*, 56, 281-284.
- Uh, M., Khattra, J., & Devlin, R.H. (2006). Transgene constructs in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) are repeated in a head-to-tail fashion and can be integrated adjacent to horizontally-transmitted parasite DNA. *Transgenic Res.*, 15, 711-727.
- Volckaert, F.A., Hellemans, B.A., Galbusera, P., Sekkali, B., Belayew, A., & Ollevier, F. (1994). Replication, expression, and fate of foreign DNA during embryonic and larval development of the African catfish (*Clarias gariepinus*). *Mol. Mar. Biol. Biotechnol.*, 3, 57-69.
- Wang, Y., Hu, W., Wu, G., Sun, Y. Chen, S., Zhang, F., Zhu, Z., Feng, J., & Zhang, X. (2001). Genetic analysis of "all-fish" growth hormone gene transferred carp (*Cyprinus carpio* L.) and its F1 generation. *Chinese Science Bulletin*, 46, 1174-1177.
- Winarsih, W.H. (1996). Fish ecology. London. Blackie and Sons Limited.
- Yoshizaki, G. (2001). Gene transfer in salmonidae: applications to aquaculture. *Suisanzoshoku*, 49(2), 137-142.
- Zhong, C., Song, Y., Wan, Y., Li, Y., Liao, L., Xie, S., Zhu, Z., & Hu, W. (2012). Growth hormone transgene effects on growth performance are inconsistent among off spring derived from different homozygous transgenic common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 3, 56-357.
- Zhu, Z. (1992). Growth hormone gene and the transgenic fish. In You, C.B., & Chen, Z.L. (Eds.). *Agricultural Biotechnology*. China Science and Technology Press. Beijing, p. 106-116.
- Zonneveld, N., Huisman, E.A., & Noon, J.H. (1991). Prinsip-prinsip budidaya ikan. Terjemahan. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta, 336 hlm.