

PENGUJIAN PERILAKU PREDATOR DAN ANTI-PREDATOR PADA IKAN LELE (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) TRANSGENIK F3

Testing Predator and Anti-Predator Behavior in African Catfish
(*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) Transgenic F3

Putri Widyawati¹⁾, Darma Bakti²⁾, Desrita²⁾ dan Huria Marnis³⁾

¹⁾Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian
Universitas Sumatera Utara, (Email: Putriwidyawati13@yahoo.co.id)

²⁾Staf Pengajar Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian,
Universitas Sumatera Utara

³⁾Peneliti di Balai Penelitian Pemuliaan Ikan Sukamandi, Subang – Jawa Barat

ABSTRACT

African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) transgenic containing *Pangasius hypothalmus* Growth Hormone (*PhGH*) has better performance compared with non-transgenic. However, before transgenic African catfish are released and utilized, their genetic impact on the natural environment must be examined. Predator avoidance is one of the major fitness traits determining potential environment risk. Transgene detection was performed using the PCR (Polymerase Chain Reaction) method and electrophoresis. Furthermore, the observation of the performance of growth including the growth of the length (the average length of the fish at the end - the average length of the fish at the beginning), the growth in weight (average weight of fish in the end – average fish at the beginning) and the survival rate (the number of fish that live in end / number of fish lived at the beginning). Results indicate that non-transgenic had better predator avoidance than transgenic African catfish. Non-transgenic has a better growth performance than transgenic African catfish and has a higher survival rate. Transgenic African catfish could be used for commercial aquaculture without affecting the natural environment because the increased susceptibility of transgenic to predators would most likely decrease or eliminate the transgenic genotype.

Keywords: *Clarias gariepinus*, Transgenic, Environmental Risk

PENDAHULUAN

Ikan lele dumbo (*C. gariepinus*) merupakan salah satu komoditas perikanan yang cukup populer. Ikan ini memiliki berbagai kelebihan, sehingga mudah diterima di masyarakat. Kelebihan tersebut diantaranya adalah pertumbuhannya yang cepat, memiliki kemampuan beradaptasi terhadap lingkungan yang tinggi, memiliki rasa yang enak dan kandungan gizinya cukup tinggi (Sugihartono, 2012).

Dalam rangka meningkatkan produksi budidaya lele dumbo maka Balai Penelitian Pemuliaan Ikan (BPPI) Sukamandi membentuk populasi ikan lele cepat tumbuh melalui transgenesis gen pengkode hormon pertumbuhan ikan patin

siam (*PhGH*). Penggunaan gen GH (*Growth Hormone*) ini bertujuan untuk menciptakan ikan transgenik tumbuh cepat yang komersial karena potensinya untuk memperpendek siklus produksi. Pemberian gen GH pada ikan nila mampu meningkatkan pertumbuhan sebesar 2-7 kali (Kobayashi dkk., 2007), pada ikan loach dan ikan salmon dapat meningkatkan pertumbuhan sebesar 2-10 kali lipat dan sampai 35-37 kali lipat berat badan (Devlin dkk., 2006), sedangkan pemberian gen *PhGH* pada lele generasi F-0 mampu meningkatkan pertumbuhan sebesar 2 kali lipat dibandingkan populasi kontrol (Dewi dkk., 2013).

Peningkatan produksi perikanan memiliki efek positif bagi peningkatan pendapatan petambak, namun di sisi yang lain hal ini sangat dikhawatirkan oleh para ahli ekologi apabila ikan jenis karnivora ini diintroduksi (Olurin dkk., 2006). Introduksi hormon pertumbuhan pada ikan dikhawatirkan akan menimbulkan dampak negatif apabila dilepas ke lingkungan. Oleh karena itu, perlu kajian mengenai pengujian perilaku predator dan anti-predator pada ikan lele dumbo transgenik F3 untuk mengetahui bagaimana tingkat keamanan lingkungannya.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai bulan Mei 2015 di kolam penelitian ikan lele dan laboratorium Balai Penelitian Pemuliaan Ikan Sukamandi, Subang - Jawa Barat.

Alat dan Bahan

1. Pemeliharaan Benih

Alat yang digunakan adalah akuarium ukuran 60x40x40 cm³ sebanyak 12 buah, selang aerasi, ember, baskom, penggaris, kamera digital, sifon, dan spidol.

Bahan yang digunakan adalah benih ikan lele dumbo transgenik F3, benih ikan lele dumbo non-transgenik, dan pakan komersial (HI-PRO-VITE PS-P dan Bintang 581, PT Central Proteina Prima, Mojokerto).

2. Deteksi Transgen (PhGH)

a. Ekstraksi DNA

Alat yang digunakan dalam ekstraksi DNA adalah *micropipette*, *centrifuge HM-150IV*, *centrifuge sorvall*, *vortex maximix II*, inkubator, oven, *GeneJET genomic DNA purification coloumn*, *chilleron ice*, *chiller template*, *microtips*, *microtube*, *collection tube*, *tubes rack*, penggerus, *timer*, spidol, gunting bedah, *gloves*, pinset, masker, kalkulator dan *freezer*.

Bahan yang digunakan dalam ekstraksi DNA adalah sampel sirip ekor benih ikan lele dumbo, larutan fiksasi (etanol 70%), akuades, *GeneJet genomic DNA purification kit* dan *sodium hipochlorit* 1%.

b. Amplifikasi PCR

Alat yang digunakan dalam amplifikasi PCR adalah mesin *thermal cycler*, *micropipette*, *chiller on ice*, *microtube*, *tubes rack*, pinset, spidol, *gloves* dan masker.

Bahan yang digunakan dalam amplifikasi PCR adalah *DNA template*, *nuclease free water*, *fastStart PCR master mix*, *primer forward* yaitu ACT PhGH1-F (5'-GTG TGT GAC GCT GGA CCA ACT-3'), *primer reverse* yaitu ACT PhGH2-R (5'-CGA TAA GCA CGC CGA TGC CCA TTT-3') (Marnis dkk., 2014).

c. Elektroforesis

Alat yang digunakan *mini horizontal elektroforesis*, *gel doc*, timbangan digital, *beaker glass*, gelas ukur, *hot plate*, *stirrer*, *micropipette*, cetakan agar, *tubes rack*, *aluminium foil*, *chiller on ice*, *chiller template*, *gloves*, gunting, masker, komputer, kamera digital dan alat tulis.

Bahan yang digunakan adalah *Tris-Acetate-EDTA (TAE) Buffer*, amplikon, *marker* 100-3000 bp, *loading dye*, akuades, *agarose*, *laboratory film* dan *tissue*.

3. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan enam perlakuan dan dua kali ulangan. Perlakuan terdiri dari:

- P1 : Pemeliharaan benih ikan transgenik dan predator non-transgenik.
- P2 : Pemeliharaan benih ikan transgenik tanpa predator.
- P3 : Pemeliharaan benih ikan transgenik dan predator transgenik.

- P4 : Pemeliharaan benih ikan non-transgenik dan predator non-transgenik
- P5 : Pemeliharaan benih ikan non-transgenik tanpa predator.
- P6 : Pemeliharaan benih ikan non-transgenik dan predator transgenik.

4. Prosedur Penelitian

a. Pemeliharaan Ikan

1) Hewan Uji

Hewan uji yang digunakan pada penelitian ini adalah benih ikan lele dumbo berumur tiga minggu sebanyak 210 ekor. Terdiri atas benih ikan lele dumbo transgenik F3 dengan panjang rata-rata 2,15 cm dan bobot rata-rata 0,10 g, sedangkan benih ikan lele dumbo non-transgenik sebanyak 210 ekor dengan panjang rata-rata 1,82 cm dan bobot rata-rata 0,05 g.

2) Pengujian Perilaku Predator dan Anti-Predator pada Ikan Lele Dumbo Transgenik F3

Setelah satu hari penebaran, pada akuarium percobaan dimasukkan ikan lele (transgenik dan non-transgenik) sebagai predator dengan panjang rata-rata 4,49 cm dan bobot rata-rata 0,79 g. Selama pemeliharaan, benih diberi pakan pada pagi, sore dan malam hari secara *ad libitum*. Setelah dua minggu masa predasi, semua ikan yang tersisa dipanen dan kolam dikeringkan. Kemudian DNA diisolasi dari ikan yang masih hidup.

3) Parameter Pertumbuhan

a. Pertumbuhan Panjang

Pertumbuhan panjang mutlak dihitung dengan mengikuti rumus Aziz (1989):

$$L = L_2 - L_1$$

Keterangan:

L = Pertumbuhan panjang (cm)

L_2 = Panjang rata-rata ikan pada akhir penelitian (cm)

L_1 = Panjang rata-rata ikan pada awal penelitian (cm)

b. Pertumbuhan Bobot

Pertumbuhan bobot mutlak dihitung dengan mengikuti rumus Aziz (1989):

$$W = W_2 - W_1$$

Keterangan:

W = Pertumbuhan bobot badan mutlak (g)

W_2 = Berat rata-rata ikan pada waktu t (g)

W_1 = Bobot rata-rata ikan pada waktu awal penelitian (g)

c. Tingkat Kelangsungan Hidup

Tingkat kelangsungan hidup dihitung dengan mengikuti rumus Goddard (1996) diacu oleh Susanti (2003):

$$SR (\%) = (N_t / N_o) \times 100\%$$

Keterangan:

SR = Tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) (%)

N_t = Jumlah ikan yang hidup pada akhir penelitian

N_o = Jumlah ikan yang hidup pada awal penelitian

d. Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diamati adalah suhu air, oksigen terlarut (DO), nitrit, amoniak, dan pH. Pengukuran kualitas air seperti suhu, pH dan oksigen terlarut dilakukan di hatchery ikan lele secara *in situ* dengan menggunakan *Water Quality Checker* (WQC) sedangkan pengukuran amoniak (SNI 06-6989.30-2005) (BSN, 2005) dan nitrit (SNI 06-6989.9-2004) (BSN, 2004) dilakukan secara *ex situ* di Laboratorium Lingkungan Balai Penelitian Pemuliaan Ikan (BPPI) Sukamandi, Subang, Jawa Barat.

4) Analisis Data

Data percobaan ditabulasikan dengan menggunakan program *Excel MS. Office 2007* dan dianalisis menggunakan *Anova: Single Factor*.

b. Deteksi Transgen (*PhGH*)

1) Hewan Uji

Deteksi transgen dilakukan pada benih ikan lele dumbo transgenik F3 dan non-transgenik menggunakan metode PCR. Ikan yang diuji merupakan ikan yang membawa konstruksi gen *pCcBA-PhGH* (Dewi dkk.,2013). Transgen dicek pada 7 ekor benih dari setiap perlakuan.

2) Ekstraksi DNA

DNA benih ikan lele dumbo transgenik F3 diekstraksi dari bagian sirip ekor dengan menggunakan *GeneJET genomic DNA purification kit*. Sampel sirip ekor diambil dan dimasukkan ke dalam mikrotube steril 1,5 mL. Kemudian ke dalam sampel ditambahkan dengan 180 μ L *Digestion Solution* dan 20 μ L *Proteinase K*. Selanjutnya sampel diinkubasi pada suhu 56°C selama 1-3 jam hingga jaringan mengalami lisis dengan sempurna. Setelah sampel lisis, ke dalam sampel ditambahkan 20 μ L *RNase A Solution* dan diinkubasi pada suhu ruangan selama 10 menit. Sebanyak 200 μ L *Lysis Solution* ditambahkan ke dalam sampel, selanjutnya sampel dihomogenkan menggunakan *vortex*. Larutan sampel dipindahkan ke bagian *column tube* lalu tambahkan dengan 400 μ L *Ethanol* 50% dan disentrifugasi pada kecepatan 6000 x g selama 1 menit, selanjutnya *collection tube* dibuang. Sampel ditambahkan 500 μ L *Wash Buffer I* dan disentrifugasi pada kecepatan 8000 x g selama 3 menit, cairan pada *collection tube* dibuang dan gabungkan kembali tube dengan *column tube*. Sebanyak 500 μ L *Wash Buffer II* ditambahkan ke sampel dan disentrifugasi pada kecepatan 12000 x g selama 3 menit lalu *collection tube* dibuang. Selanjutnya ke dalam sampel ditambahkan *Elution Buffer* sebanyak 200 μ L dan diinkubasi

selama 2 menit pada suhu ruangan serta disentrifugasi pada kecepatan 8000 x g selama 1 menit.

3) Amplifikasi PCR

Primer yang digunakan adalah ACT *PhGH1-F* (5'-GTG TGT GAC GCT GGA CCA ACT-3'), *primer reverse* yaitu ACT *PhGH2-R* (5'-CGA TAA GCA CGC CGA TGC CCA TTT-3') (Marnis dkk., 2014). Ukuran fragmen gen GH adalah 1500 bp. Proses PCR dilakukan pada kondisi: *initial denaturation* (94°C, 3 menit) sebanyak 1 siklus, *denaturation* (94°C, 30 detik) sebanyak 35 siklus, *annealing* (55°C, 30 detik) sebanyak 35 siklus, dan ekstensi (72°C, satu menit) sebanyak 35 siklus dan *final extension* (72°C, 10 menit) sebanyak 1 siklus.

4) Elektroforesis

Hasil amplifikasi PCR dielektroforesis dengan menggunakan gel agarose 2% dalam TAE Buffer yang diberi gel red (*nucleid acid strain*) dan di *running* pada tegangan 400 mA selama 50 menit.

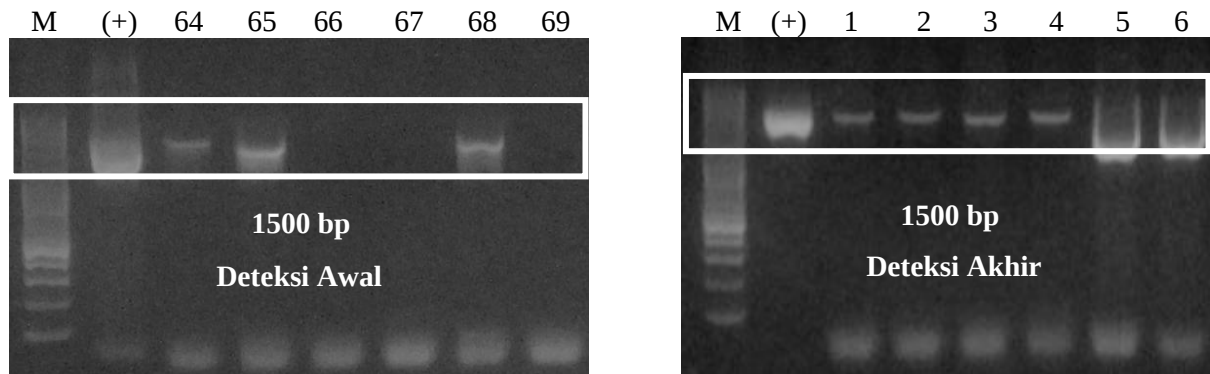
5) Analisis Data

Data hasil elektroforesis divisualisasi dengan menggunakan *Gel Doc* (UV Transilluminator) kemudian dianalisis dengan menggunakan software *EOS Utility* dan *Zoom Browser Application*.

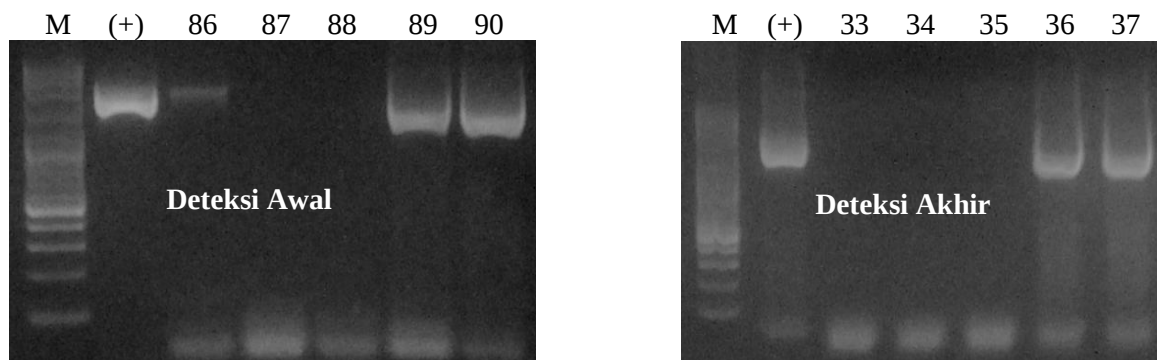
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Perilaku Predator dan Anti-Predator

Deteksi transgen sampel benih ikan lele dumbo transgenik F3 (Gambar 2) dan non-transgenik (Gambar 3) dilakukan pada saat awal dan akhir pemeliharaan.



Gambar 2. Deteksi Transgen (*PhGH*) pada Benih Ikan Lele Dumbo Transgenik F3 (Nomor 64-67, 1-2 dan 5-6 = Sampel Benih Ikan Lele Transgenik F3; Nomor 68-69 dan 3-4 = Sampel Predator; M adalah Marker DNA (100-3.000 bp) (Vivantis); Tanda (+) adalah Kontrol Positif (*pCcBA-PhGH*)

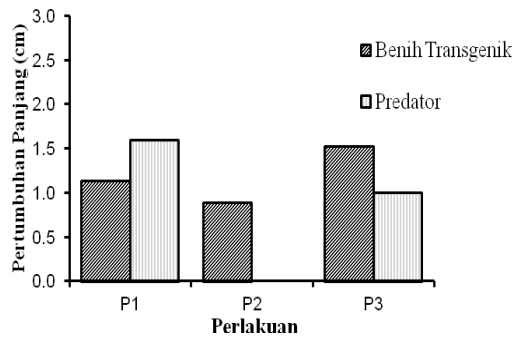


Gambar 3. Deteksi Transgen (*PhGH*) pada Benih Ikan Lele Dumbo Non-Transgenik (Nomor, 89-90 dan 33-35 = Sampel Benih Ikan Lele Non-Transgenik; Nomor 87-88 dan 36-37 = Sampel Predator; M adalah Marker DNA (100-3.000 bp) (Vivantis); Tanda (+) adalah Kontrol Positif (*pCcBA-PhGH*)

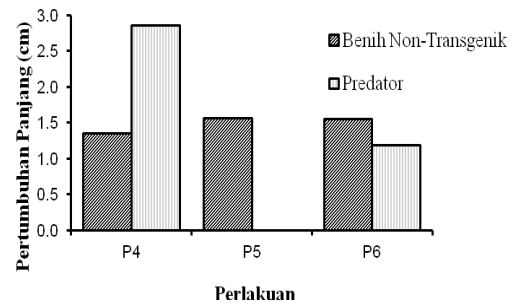
Deteksi transgen terhadap sampel benih ikan lele dumbo transgenik F3 dan ikan lele dumbo non-transgenik serta predator yang diuji pada masing-masing perlakuan, didapatkan bahwa keseluruhan sampel yang dideteksi positif transgen pada awal pemeliharaan juga menunjukkan hasil yang sama, yaitu positif transgen pada deteksi akhir. Persentase transgen pada benih ikan lele dumbo transgenik F3 pada deteksi awal dan akhir berkisar antara 29-100%.

Hasil analisis pertumbuhan panjang dari benih ikan lele transgenik F3 dapat dilihat pada Gambar 4 dan pada benih ikan lele non-transgenik dapat dilihat pada Gambar 5.

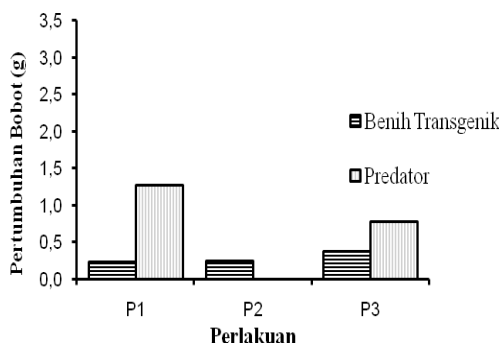
Hasil analisis pertumbuhan bobot dari benih ikan lele transgenik F3 dapat dilihat pada Gambar 6 dan pada benih ikan lele non-transgenik dapat dilihat pada Gambar 7.



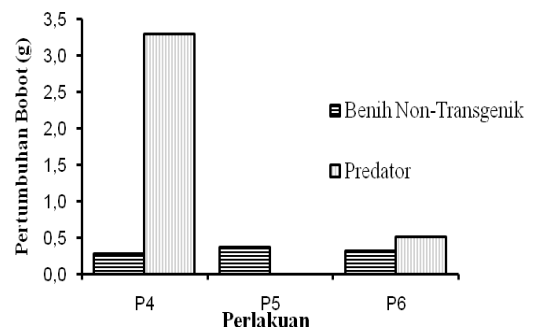
Gambar 4. Pertumbuhan Panjang Benih Ikan Lele Dumbo Transgenik F3



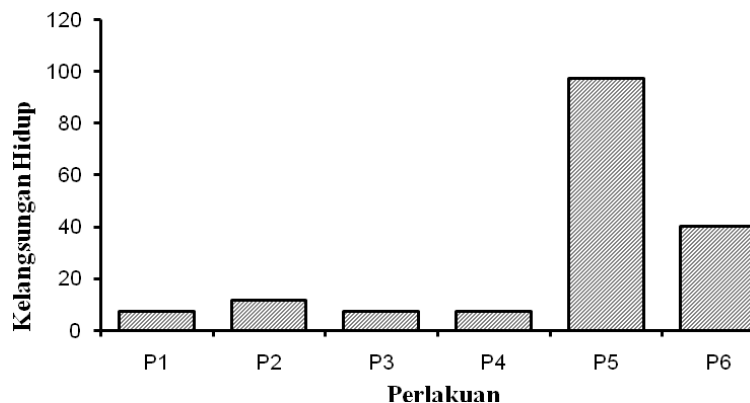
Gambar 5. Pertumbuhan Panjang Benih Ikan Lele Dumbo Non-Transgenik



Gambar 6. Pertumbuhan Bobot Benih Ikan Lele Dumbo Transgenik F3



Gambar 7. Pertumbuhan Bobot Benih Ikan Lele Dumbo Non-Transgenik



Gambar 8. Tingkat Kelangsungan Hidup Benih Ikan Lele Dumbo Transgenik F3 dan Ikan Lele Dumbo Non-Transgenik pada Pengujian Perilaku Predator dan Anti-Predator

Hasil penelitian menunjukkan bahwa benih ikan lele dumbo transgenik F3 cenderung rentan dalam menghindari predator dibandingkan ikan lele dumbo non-transgenik. Hal ini bisa dilihat dari tingkat kelangsungan hidup (Gambar 8) pada setiap perlakuan pengujian perilaku

predator dan anti-predator, dimana pada perlakuan 5 memiliki nilai kisaran kelangsungan hidup tertinggi sebesar 97% dan 40% pada perlakuan 6. Penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan pada ikan *Ictalurus punctatus* (Dunham dkk., 1999) yang mengandung hormon

pertumbuhan ikan salmon (RSVLTR-rtGH₁ DNA komplementer, RSVLTR-rtGH₂, dan RSVLTR-csGH cDNA) menunjukkan bahwa ikan transgenik (*Ictalurus punctatus*) memiliki tingkat penghindaran terhadap predator (*Micropterus salmoides* dan *Lepomis cyanellus*) lebih rendah dibandingkan ikan kontrol. Hasil serupa juga ditemukan pada penelitian sebelumnya menggunakan ikan zebra (*Branchidanio rerio*) (Wei dan Zhu, 2010), ikan coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) (Sundstrom dkk., 2004) menunjukkan bahwa kematian ikan transgenik terhadap pemangsaan oleh predator jauh lebih tinggi dibandingkan ikan non-transgenik.

Mekanisme penghindaran dari ikan transgenik lebih rendah dibandingkan ikan lele non-transgenik disebabkan oleh kemampuan renang yang rendah. Oleh sebab itu, benih ikan lele dumbo transgenik F3 lebih banyak dimangsa oleh predator dibandingkan benih ikan lele dumbo non-transgenik. Dalam lingkungan perairan, ikan menghindari diri dari serangan predator dengan cara berenang. Menurut Swanson dkk. (1998) kecepatan renang dari setiap jenis ikan menentukan kemampuannya untuk bertahan hidup dalam lingkungan. Beberapa penelitian sebelumnya dengan menggunakan ikan mas transgenik (*Cyprinus carpio*) (DeLiang dkk., 2007) dan ikan coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) (Farrell dkk., 1997) juga menunjukkan bahwa ikan transgenik yang mengandung hormon pertumbuhan (GH) memiliki kecepatan renang yang relatif rendah dibandingkan ikan kontrol pada ukuran yang sama. Lee dkk.(2003) menunjukkan bahwa ikan salmon transgenik yang mengandung hormon pertumbuhan (GH) memiliki kecepatan berenang yang kritis, yaitu setengah dari kecepatan berenang ikan kontrol. Hasil pengamatan pada penelitian juga diketahui bahwa ukuran mangsa (benih ikan leletransgenik F3 dan benih ikan lele non-transgenik) dengan ukuran predator juga menunjukkan adanya

hubungan. Hal ini juga dinyatakan oleh Keeley dan Grant (1997) bahwa penambahan ukuran tubuh suatu individu akan diikuti oleh peningkatan ukuran mulut.

Predator pada kisaran tertentu akan memilih ukuran mangsa tertentu pula untuk memaksimalkan pendapatan energi per satuan waktu. Ukuran mangsa diharapkan akan meningkat sejalan dengan peningkatan ukuran tubuh pemangsa. Selain ukuran mangsa, kelimpahan makanan juga berpengaruh terhadap pemangsaan oleh predator. Apabila kelimpahan makanan menurun, maka tingkat pemangsaan akan meningkat. Melard dkk., (1996) menyatakan bahwa sifat kanibalisme dari suatu organisme akan menurun pada kepadatan stok ikan yang lebih rendah.

Tidak ada perbedaan yang signifikan antara benih ikan lele dumbo transgenik F3 dengan non-transgenik pada beberapa parameter uji seperti pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup pada pengujian perilaku predator dan anti-predator. Hasil tersebut menunjukkan bahwa ikan lele dumbo transgenik F3 dapat digunakan untuk budidaya tanpa mempengaruhi atau menimbulkan bahaya bagi lingkungan. Dunham dkk.(1999), menyatakan bahwa ikan lele transgenik dapat dilepaskan ke perairan alami karena tidak menimbulkan efek ekologi. Genotipe dari ikan lele yang mengandung hormon pertumbuhan tersebut juga akan menurun jumlahnya atau bahkan hilang disebabkan oleh kerentanan dari ikan lele transgenik terhadap predator. Menurut Kapuscinski dan Eric (1991), perbedaan ketahanan antara ikan transgenik dan non-transgenik juga tergantung pada sejumlah faktor seperti: bagaimana spesies tersebut menerima atau merespon transgen, sumber transgen, dan kondisi lingkungan.

Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diamati selama penelitian berlangsung diantaranya yaitu suhu, pH, oksigen terlarut (DO), amonia dan nitrit. Kisaran suhu selama penelitian berkisar 26°C-29°C. Suhu optimal untuk pertumbuhan ikan berkisar antara 27-32 °C (Hangreaves dan Joseph, 2004). Apabila suhu tidak berada pada kisaran optimum akan menyebabkan ikan stress atau bahkan bisa menyebabkan kematian pada ikan (Boyd dan Frank, 1979).

Kisaran pH selama penelitian adalah 7,2-8,4. pH (keasaman) yang tidak optimal dapat menyebabkan ikan stress, mudah terserang penyakit, dan memiliki pertumbuhan yang rendah. Ikan dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH antara 6,5-9,0 (Hangreaves dan Joseph, 2004).

Kandungan oksigen terlarut (DO) selama penelitian berkisar antara 5.3-6.7 mg/L dan kadar nitrit berkisar 0.02-0.03 mg/L. Taufik (1984) menambahkan bahwa kisaran oksigen terlarut yang ideal untuk budidaya ikan berkisar 6,5-12,5 mg/l. Oksigen sangat diperlukan sebagai sumber energi untuk mengoksidasi makanan masuk (Zonneveld dkk., 1991). Menurunnya kandungan oksigen terlarut di air dapat mengurangi nafsu makan ikan dan akhirnya menyebabkan pertumbuhan terganggu. Meningkatnya limbah metabolisme yaitu amonia cenderung menyebabkan gangguan fisiologis dan pemicu stress pada ikan (Boyd, 1990). Kadar amonia selama penelitian berkisar antara 0.05-0.42 mg/L. Kadar amonia tersebut masih dalam kisaran yang layak sebab menurut Robinette (1976), kandungan amonia yang masih dapat di toleransi oleh ikan adalah < 1 mg/L.

KESIMPULAN

1. Ikan lele dumbo non-transgenik memiliki penghindaran terhadap predator jauh lebih baik dibandingkan ikan lele dumbo transgenik F3.

2. Pengujian perilaku predator dan anti-predator pada benih ikan lele dumbo transgenik F3 terhadap pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan.
3. Ikan lele dumbo transgenik F3 dapat dilepas ke perairan alami tanpa mempengaruhi lingkungan berdasarkan pengujian perilaku predator dan anti-predatornya.

SARAN

Pengujian perilaku predator dan anti-predator pada benih ikan lele dumbo transgenik F3 dan benih ikan lele dumbo non-transgenik merupakan pengujian yang memiliki manfaat sebagai parameter (indikator) tingkat keamanan lingkungan (tingkat predasi). Untuk menghasilkan strain baru ikan lele unggul selain pengamatan perilaku predator dan anti-predatornya perlu diadakan penelitian lanjutan mengenai performa pertumbuhan, sisa buangan nitrogen dan tingkat konsumsi pakan dari ikan lele dumbo transgenik F3.

DAFTAR PUSTAKA.

- Aziz, K. A. 1989. *Dinamika Populasi Ikan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. *Air dan Air Limbah – Bagian 9: Cara Uji Nitrit (NO₂-N) Secara Spektrofotometri*. SNI 06-6989.9-2004.
- Badan Standardisasi Nasional. 2005. *Air dan Air Limbah – Bagian 30: Cara Uji Amonia dengan Spektrofotometer Secara Fenat*. SNI 06-6989.30-2005.
- Boyd, C.E. 1990. *Water Quality in Pond for Aquaculture*. Brimingham Publishing Co. Alabama.

- Boyd, C.E dan F. Lichtkoppler. 1979. *Water Quality Management in Pond Fish Culture*. Auburn University. Alabama.
- DeLiang, L., F. CuiZhang., H. Wei., Z. Shan., W. YaPing dan Z. ZouYan. 2007. Rapid Growth Cost in "All-fish" Growth Hormone Gene transgenic Carp: Reduced Critical Swimming Speed. *Chinese Science Bulletin*. 52 (11): 1501-1506.
- Devlin, R.H., L.F. Sundstrom dan W.M. Muir. 2006. Interface of Biotechnology and Ecology for Environmental Risk Assessments of Transgenic Fish. *Trends in Biotechnology*. 24 (2): 89-97.
- Dewi, R.R.S.P.S., H. Marnis., R. Suprpto dan N. Syawalia. 2013. Produksi Ikan Lele Cepat Tumbuh Generasi F-0 Menggunakan Metode Transgenesis. *Jurnal Riset Akuakultur*. 8 (2) : 173-180.
- Dunham, R.A., C. Chitmanat., A. Nichols., B. Argue., D.A. Powers dan T.T. Chen. 1999. Predator Avoidance of Transgenic Channel Catfish Containing Salmonid Growth Hormone Genes. *Marine Biotechnology*. 1: 545-551.
- Farrell, A.P., W. Bennett dan R.H. Devlin. 1997. Growth-Enhanced Transgenic Salmon Can be Inferior Swimmers. *Canadian Journal Zoolgy*. 75. 335-337.
- Goddard, S. 1996. *Feed Management in Intensive Aquaculture*. Capman and Hill. New York. 194 pp. Diacu oleh Susanti,D. 2003. Pengaruh Pemberian Pakan yang Berbeda Terhadap Kualitas Air, Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) di Keramba Jaring Apung. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hargreaves, J.A dan J.R. Tomasso. 2004. *Biology and Culture of Channel Catfish: Environmental Biology*. Editor: Tucker, C.S dan J.A. Hargreaves. Elsevier, B.V. Amsterdam.
- Kapuscinski, A.R dan E.M. Hallerman. 1991. Implications of Introduction of Transgenic Fish Into Natural Ecosystems. *Canadian Journal Fish Aquaculture*. 48 : 99-107.
- Kelley, E.R dan J.W.A. Grant. 1997. Allometry of Diet Selectivity in Juvenile Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal Fish Aquaculture*. 54 : 1894-1902.
- Kobayashi, S.I., Alimuddin., T. Morita., M. Miwa., J. Lu., M. Endo., T. Takeuchi dan G. Yoshizaki. 2007. Transgenic Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Over-Expressing Growth Hormone Show Reduced Ammonia Excretion. *Aquaculture*. 270: 427-435.
- Lee, C.G., R.H. Devlin dan A.P. Farrell. 2003. Swimming Performance, Oxygen Consumption and Excess Post-Exercise Oxygen Consumption in Adult Transgenic and Ocean-Ranched Coho Salmon. *Journal of Fish Biology*. 62 : 753-766.
- Marnis, H., B. Iswanto., R. Suprpto dan Imron. 2014. Expression of Growth Hormone (PhGH) Gene and Analysis of Insuline - Like Growth Factor I (IGF-I) Production in African Catfish (*Clarias gariepinus*) Transgenic F-1. *Indonesian Aquaculture Journal*. 8 (2) : 113-119.

- Melard, C., E. Baras., L. Maray dan P. Kestemont. 1996. Relationship Between Stocking Density, Growth, Cannibalism and Survival Rate in Intensively Cultured Larvae and Juveniles of Perch (*Perca fluviatilis*). *Ann. Zool. Fennici*. 33 : 643-651.
- Olurin, K.B., E.A.A Olojo., G.O Mbaka dan A.T Akindele. 2006. Histopathological Responses of the Gill and Liver Tissues of *Clarias gariepinus* Fingerlings to the Herbicide, Glyphosate. *African Journal of Biotechnology*. 5 (24) : 2480-2487.
- Robinette, H.R. 1976. Effect of Selected Sublethal Levels of Ammonia on the Growth of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). *The Progressive Fish-Culturist*. 38 (1) : 26-29.
- Sugihartono, M. 2012. Respon Pemberian Hormon Ovaprin dan HCG Terhadap Ovulasi Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus* B). *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 96-101.
- Sundstrom, L.I., M. Lohmus., J.I. Johnsson dan R. H. Devlin. 2004. Growth Hormone Transgenic Salmon Pay for Growth Potential With Increased Predation Mortality. *Proc. R. Soc. Lond*. 271 : S350-S352.
- Swanson, C., P.S. Young dan J.J. Cech. 1998. Swimming Performance of Delta Smelt: Maximum Performance, and Behavioral and Kinematic Limitations on Swimming at Submaxial Velocities. *Journal of Experimental Biology*. 201 : 333-345.
- Taufik, P. 1984. Faktor Kualitas Air dapat Mempengaruhi Timbulnya Suatu Penyakit pada Ikan. *Majalah Pertanian No. 3*. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Wei, H dan Z.Z Yan. 2010. Integration Mechanisms of Transgenes and Population Fitness of Gh Transgenic Fish. *Science China Life Sciences*. 53 (4) ; 401-408.
- Zonneveld, N., E.A. Huisman dan J.H. Boon. 1991. Prinsip-Prinsip Budidaya Ikan. Terjemahan. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.