

## DIFERENSIASI KELAMIN TIGA GENOTIPE IKAN NILA YANG DIBERI BAHAN AROMATASE *INHIBITOR*

Didik Ariyanto<sup>\*)</sup>, Komar Sumantadinata<sup>\*\*)</sup>, dan Agus Oman Sudrajat<sup>\*\*)</sup>

<sup>\*)</sup> Loka Riset Pemuliaan dan Teknologi Budidaya Perikanan Air Tawar  
Jl. Raya 2 Sukamandi, Subang  
E-mail: *didik\_ski@yahoo.com*

<sup>\*\*)</sup> Departemen Budidaya Perairan-FPIK, Institut Pertanian Bogor  
Jl. Agatis, Kampus IPB Darmaga, Bogor

(Naskah diterima: 24 Februari 2010; Disetujui publikasi: 26 April 2010)

### ABSTRAK

Penggunaan hormon sintetik 17  $\alpha$ -metiltestosterone untuk *sex reversal* ikan konsumsi sudah dilarang. Salah satu bahan yang terbukti efektif dalam *sex reversal* adalah bahan aromatase *inhibitor*. Bahan ini dapat digunakan dalam proses pembalikan kelamin karena menghambat sekresi enzim aromatase yang bertanggung jawab dalam konversi hormon androgen menjadi estrogen. Tingginya kadar androgen dalam tubuh akan mengarahkan proses diferensiasi kelamin ke arah kelamin jantan. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pemberian bahan aromatase *inhibitor* terhadap diferensiasi kelamin tiga genotipe ikan nila. Bahan utama yang digunakan adalah larva ikan nila genotipe XX, XY, dan YY yang diberi bahan aromatase *inhibitor*, khususnya imidazole. Penambahan hormon sintetik 17 $\alpha$ -metiltestosterone digunakan sebagai kontrol (+). Pemberian imidazole dilakukan melalui pakan pada larva ikan nila yang berumur 7 hari setelah menetas, selama 28 hari. Selanjutnya benih dipelihara dalam hapa pendederan selama 60 hari di kolam tanah. Pada akhir pendederan dilakukan identifikasi jenis kelamin, bobot individu rata-rata, dan sintasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa imidazole efektif meningkatkan rasio kelamin jantan pada ikan nila genotipe XX dan YY, tetapi tidak pada genotipe XY. Sampai akhir tahap pendederan, semua genotipe dan perlakuan yang berbeda tidak memberikan efek yang berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan maupun nilai sintasan, kecuali pada genotipe YY.

**KATA KUNCI:** diferensiasi kelamin, ikan nila, genotipe, aromatase *inhibitor*

**ABSTRACT:** *Sex differentiation of three genotype of tilapia administered with aromatase inhibitor. By: Didik Ariyanto, Komar Sumantadinata, and Agus Oman Sudrajat*

*Limitation on sex reversal with 17 $\alpha$ -methyltestosterone should be anticipated with alternative technique, such as through the inhibition on aromatase secretion. This study conducted to know the effect of dietary administration of aromatase inhibitor imidazole for sex reversal in three genotypes of Nile tilapia i.e. XX, XY, and YY genotype. Sex reversed tilapia with methyl-testosterone was used as positive control. Application of imidazole was given to 7 days after-hatching larvae for 28 days. Both of control negative and mixed sex populations were fed a standard commercial ration. The results showed that dietary administration of imidazole in XX and YY genotypes were significantly increased male proportion. But, the same treatment in XY genotype did not significantly increased the proportion of male. Until the end of fingerling rearing period, all genotypes and treatments did not significantly affect on both of growth and survival rate, except in YY genotype.*

**KEYWORDS:** *sex differentiation, tilapia, genotype, aromatase inhibitor*

## PENDAHULUAN

Secara biologis, laju pertumbuhan ikan nila jantan lebih cepat dibandingkan dengan ikan nila betina (*sexual dimorphism*) (Popma & Masser, 1999). Data-data empiris menunjukkan penggunaan populasi tunggal kelamin (*mono-sex*) jantan pada budidaya ikan nila akan memberikan produksi lebih baik dibandingkan populasi campuran (*mixed-sex*) (Rakocy & McGinty, 1989; Tave, 1993; Tave, 1996; Chapman, 2000; Dunham, 2004; Gustiano, 2006). Salah satu metode untuk mendapatkan populasi ikan nila tunggal kelamin jantan yang banyak dilakukan adalah dengan metode pembalikan kelamin atau *sex reversal*. Teknik *sex reversal* pada ikan nila yang banyak dilakukan adalah dengan penambahan hormon sintetik  $17\alpha$ -metiltestosterone ( $17\alpha$ -mt). Namun berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan nomor KEP.20/MEN/2003, hormon  $17\alpha$ -mt termasuk dalam klasifikasi obat keras yang berarti bahwa peredaran dan pemanfaatannya menjadi semakin dibatasi terkait dengan dampak negatif yang dapat ditimbulkan, baik kepada ikan, manusia, maupun lingkungan. Hormon  $17\alpha$ -mt yang notabene merupakan hormon sintetik bersifat karsinogenik bagi manusia. Selain itu, hormon ini juga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan karena sulit terdegradasi secara alami (Contreras-Sanchez *et al.*, 2001).

Dalam rangka menggantikan fungsi hormon  $17\alpha$ -mt, mulai dikembangkan penggunaan bahan-bahan alternatif yang lebih aman untuk "dikonsumsi". Salah satu bahan alternatif yang mulai banyak digunakan adalah bahan aromatase *inhibitor*. Aromatase *inhibitor* adalah bahan kimia yang mampu menghambat sekresi enzim aromatase yang berperan dalam sintesis estrogen dari androgen (Sever *et al.*, 1999). Penurunan rasio estrogen terhadap androgen menyebabkan terjadinya perubahan penampakan dari betina menjadi menyerupai jantan, atau terjadi maskulinisasi karakteristik seksual sekunder. Penelitian pemanfaatan bahan aromatase *inhibitor* untuk *sex reversal* ikan di Indonesia telah dilakukan pada beberapa spesies ikan antara lain pada ikan *platty* (Supriatin, 2005), ikan lele (Jufrie, 2006; Utomo, 2006), udang galah (Sarida, 2006), dan ikan nila (Astutik, 2004; Barmudi, 2005; Tasdiq, 2005; Lukman, 2005; Saputra, 2007). Sebagian besar hasil penelitian tersebut, khususnya pada spesies ikan nila, menunjukkan bahwa

bahan aromatase *inhibitor* berhasil meningkatkan nisbah kelamin jantan antara 65%-85%. Pada umumnya, penelitian dilakukan menggunakan bahan uji berupa ikan nila hasil pemijahan normal yang terdiri atas genotipe campuran XX dan XY. Hal ini berimplikasi terhadap tidak akuratnya tingkat efektivitas dan efisiensi bahan aromatase *inhibitor* yang digunakan untuk *sex reversal* dalam meningkatkan persentase kelamin jantan.

Selain melalui metode *sex reversal*, produksi benih ikan nila tunggal kelamin jantan juga dapat dilakukan dengan menggunakan induk jantan super (*supermale*). Induk jantan super yang bergenotipe YY jika dikawinkan dengan induk betina normal dengan genotipe XX akan menghasilkan keturunan 100% bergenotipe XY atau biasa disebut GMT (*Genetically Male Tilapia*). Namun demikian, data di lapangan menunjukkan bahwa penggunaan induk jantan super tidak selalu menghasilkan anakan yang semuanya berkelamin jantan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian bahan aromatase *inhibitor* terhadap nisbah kelamin, bobot individu rata-rata dan sintasan benih tiga genotipe (XX, XY, dan YY) ikan nila sampai tahap pendederan.

## BAHAN DAN METODE

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan faktorial, 2 faktor. Faktor uji 1 terdiri atas 3 taraf, yaitu pemberian bahan aromatase *inhibitor*, penambahan hormon  $17\alpha$ -mt sebagai kontrol (+) dan tanpa penambahan bahan apapun sebagai kontrol (-). Faktor uji 2 juga terdiri atas 3 taraf, yaitu genotipe ikan nila XX, XY, dan YY. Sebagai pembandingan digunakan populasi ikan nila genotipe campuran antara XX dan XY. Masing-masing perlakuan dilakukan pengulangan 4 kali.

Bahan utama percobaan berupa larva ikan nila genotipe XX, XY, dan YY. Larva XX diperoleh dengan mengawinkan induk ikan nila jantan genotipe XX dengan induk betina normal, sedangkan genotipe XY diperoleh dengan mengawinkan induk ikan nila jantan genotipe YY varietas GESIT dengan induk betina normal. Larva genotipe YY diperoleh dengan mengawinkan induk ikan nila jantan genotipe YY varietas GESIT dengan induk betina genotipe YY. Sebagai populasi pembandingan digunakan populasi larva ikan nila

genotipe campuran XX dan XY, diperoleh dengan mengawinkan induk jantan normal dengan induk betina normal. Induk jantan dan betina normal yang digunakan dalam semua pemijahan adalah ikan nila varietas NIRWANA.

Sebelum pemijahan, dilakukan pemilihan induk dari masing-masing genotipe dan dipelihara secara terpisah antara jantan dan betina. Setelah melalui masa *conditioning* selama 2 minggu, induk jantan dan betina dimasukkan ke kolam pemijahan ukuran 4 m x 4 m x 0,75 m. Jumlah induk yang dipijahkan untuk masing-masing kombinasi sebanyak 10 jantan dengan 20 betina. Setelah 10 hari di kolam pemijahan, dilakukan pengecekan induk betina. Telur yang terdapat di dalam mulut induk-induk betina yang memijah diambil dan ditampung dalam wadah berisi air yang diaerasi. Selanjutnya telur hasil koleksi dimasukkan ke dalam bak penetasan dengan kepadatan 3.000 butir/bak. Jumlah bak penetasan yang digunakan untuk masing-masing kombinasi pemijahan sebanyak 2 unit. Selanjutnya larva hasil penetasan telur ditampung dalam bak fiber volume 500 liter secara terpisah untuk masing-masing genotipe. Pada hari ke-5 setelah menetas, larva ditebar dalam akuarium ukuran 60 cm x 40 cm x 40 cm yang diisi 75 liter air dan diaerasi. Padat tebar yang digunakan adalah 4 ekor/L atau setara dengan 300 ekor per akuarium. Jumlah akuarium yang digunakan sebanyak 3 perlakuan x 3 genotipe x 4 ulangan = 36 buah, ditambah 4 buah akuarium untuk populasi campuran XX-XY sehingga jumlah total akuarium sebanyak 40 buah.

Bahan aromatase *inhibitor* yang digunakan adalah imidazole. Pemberian imidazole dilakukan melalui pakan, yaitu dengan mencampur 25 mg imidazole yang dilarutkan dalam alkohol 70% ke dalam 1 kg pakan komersial dengan kandungan protein kasar 40% (Ariyanto *et al.*, 2009). Penambahan hormon  $17\alpha$ -mt sebagai kontrol (+) juga dilakukan melalui cara yang sama, dengan dosis 60 mg/kg pakan. Pakan yang diberikan untuk populasi kontrol (-) dan populasi campuran XX-XY berupa pakan komersial yang sama tanpa penambahan bahan apapun. Pemberian pakan kepada larva dimulai pada hari 7 setelah menetas dan dilakukan secara *ad-satiassi* dengan frekuensi 5-6 kali sehari selama 28 hari. Selanjutnya 10 populasi benih ikan nila tersebut dipindahkan ke dalam 40 unit hapa pendederan ukuran 2 m x 2 m x 1 m yang

ditempatkan di kolam tanah ukuran 400 m<sup>2</sup>. Jarak antar masing-masing hapa adalah 0,5 m. Kepadatan benih yang ditebar sebanyak 250 ekor/hapa. Selama 60 hari masa pendederan, benih diberi pakan komersial dengan kandungan protein 32% secara *ad-satiassi* dengan frekuensi 3 kali sehari yaitu pagi, siang, dan sore.

Parameter yang diamati adalah persentase kelamin jantan, bobot individu, sintasan, dan kualitas air media pemeliharaan, baik di dalam akuarium maupun di kolam pendederan. Data persentase kelamin jantan, bobot individu dan sintasan benih ikan nila dianalisis menggunakan *analysis of variance* (ANOVA). Jika hasilnya berbeda nyata, maka untuk membedakan nilai tengah antar semua genotipe dan perlakuan digunakan uji wilayah ganda Duncan (*Duncan's multiple range test*) pada taraf kepercayaan 95%. Tabulasi dan analisis data di komputer dilakukan menggunakan program Excell 2007 dan SPSS versi 12, sedangkan data kualitas air dianalisis secara deskriptif dan dibandingkan dengan referensi yang ada.

## HASIL DAN BAHASAN

### Hasil

Persentase jumlah individu berkelamin jantan, bobot individu rata-rata, dan sintasan masing-masing genotipe dan perlakuan pada akhir pendederan disajikan pada Tabel 1.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa genotipe dan perlakuan maupun interaksi antara genotipe dan perlakuan berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap persentase ikan nila berkelamin jantan. Pemberian imidazole sebagai bahan penghambat sekresi enzim aromatase secara nyata meningkatkan persentase individu berkelamin jantan pada genotipe XX, dari 7,55% menjadi 82,44%. Penambahan imidazole pada genotipe YY secara nyata juga meningkatkan persentase kelamin jantan dari 83,01% menjadi 97,12%. Pada genotipe XY, pemberian imidazole tidak berpengaruh terhadap persentase kelamin jantan populasi tersebut. Semua populasi, kecuali genotipe XX tanpa perlakuan, secara nyata mempunyai persentase kelamin jantan lebih tinggi daripada populasi campuran XX-XY. Secara umum, genotipe XX dan XY mempunyai bobot individu rata-rata lebih baik dibanding genotipe YY pada semua perlakuan

Tabel 1. Persentase kelamin jantan (%), bobot individu rata-rata (g), dan sintasan (%) benih ikan nila pada akhir masa pendederan

Table 1. Male proportion (%), average body weight (g), and survival rate (%) of tilapia at the end of fingerling rearing period

Genotype <i>Genotype</i>	Perlakuan <i>Treatment</i>	Proporsi jantan <i>Male proportion</i>	Bobot <i>Weight</i>	Sintasan <i>Survival rate</i>
XX	Imidazole	82.44±8.67 <sup>c</sup>	20.93±2.26 <sup>c</sup>	93.30±3.42 <sup>c</sup>
	Kontrol (+)	82.42±2.29 <sup>c</sup>	18.23±2.12 <sup>c</sup>	94.20±3.27 <sup>c</sup>
	Kontrol (-)	7.55±2.83 <sup>a</sup>	18.69±2.12 <sup>c</sup>	93.60±2.17 <sup>c</sup>
XY	Imidazole	82.03±6.29 <sup>c</sup>	20.44±2.45 <sup>c</sup>	95.50±3.63 <sup>c</sup>
	Kontrol (+)	85.13±8.24 <sup>c</sup>	20.78±2.54 <sup>c</sup>	93.60±4.88 <sup>c</sup>
	Kontrol (-)	79.81±1.66 <sup>c</sup>	18.63±2.29 <sup>c</sup>	86.65±502 <sup>b</sup>
YY*	Imidazole	97.12 <sup>d</sup>	9.43±4.73 <sup>a</sup>	87.20 <sup>b</sup>
	Kontrol (+)	99.10 <sup>d</sup>	9.70±4.54 <sup>a</sup>	77.20 <sup>a</sup>
	Kontrol (-)	83.01 <sup>c</sup>	9.21±3.93 <sup>a</sup>	76.80 <sup>a</sup>
XX-XY	--	56.56±2.30 <sup>b</sup>	14.74±2.46 <sup>b</sup>	92.40±3.12 <sup>c</sup>

Nilai yang diikuti huruf *superscript* yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata, ( $P>0,05$ )

\* Semua perlakuan genotipe YY dilakukan tanpa ulangan karena keterbatasan jumlah individu ikan

*The numbers followed by the same superscripts in the same column are not significant different ( $P>0.05$ )*

\* *All treatments conducted without replicated, caused of limited number of fish*

maupun populasi campuran XX-XY. Pada percobaan ini, genotipe YY mempunyai bobot individu rata-rata paling kecil dibandingkan genotipe lainnya. Selain itu, genotipe YY pada semua perlakuan secara nyata juga mempunyai tingkat sintasan paling rendah dibandingkan dengan genotipe lainnya.

Sebagai data pendukung, dilakukan analisis kualitas air media pemeliharaan di akuarium dan di kolam pendederan. Hasil analisis kualitas air media pemeliharaan disajikan pada Tabel 2.

### Bahasan

Diferensiasi kelamin ikan dipengaruhi oleh faktor internal (genetik), eksternal (lingkungan) maupun interaksi antara keduanya. Faktor genetik yang mempengaruhi arah diferensiasi kelamin antara lain sistem hormonal (endokrin) dan aksi gen pada kromosom maupun autosom. Sedangkan pengaruh lingkungan antara lain penambahan bahan-bahan tertentu seperti hormon (*exogenous hormone*) dan bahan kimia lainnya serta kondisi fisika-kimia media

pemeliharaan ikan selama periode labil kelamin (Devlin & Nagahama, 2002). Pengaruh penambahan suatu bahan pada organisme dalam diferensiasi kelamin dapat dilihat melalui beberapa parameter antara lain nisbah jenis kelamin, pertumbuhan dan sintasan. Nagy *et al.* (1981) menjelaskan bahwa tingkat keberhasilan suatu bahan dalam mempengaruhi pengarah pembentukan jenis kelamin dipengaruhi oleh umur organisme, waktu pemberian, lama waktu pemberian dan dosis pemberian serta faktor lingkungan. Ditambahkan oleh Hunter & Donaldson (1983) bahwa keberhasilan pemberian bahan tambahan sangat tergantung pada interval waktu perkembangan gonad, yaitu pada saat gonad dalam keadaan labil sehingga mudah dipengaruhi oleh bahan tersebut. Menurut Yamazaki (1983), usaha pengubahan jenis kelamin setiap spesies harus dilakukan pada waktu yang tepat dan jangka waktu yang tepat pula. Hal ini berkaitan dengan diferensiasi yang bersifat khas pada setiap spesies. Pemberian bahan tertentu yang berakhir sebelum masa diferensiasi kelamin hasilnya

Tabel 2. Kualitas air media pemeliharaan ikan nila di akuarium dan di kolam pendederan

Table 2. Water quality in aquaria and ponds of Nile tilapia fingerling

Parameter Parameters	Akuarium Aquaria	Kolam pendederan Fingerling ponds
Suhu Temperature (°C)	24.45-26.60	28.23-29.75
Oksigen terlarut Dissolved oxygen (mg/L)	3.64-7.34	1.23-4.00
pH pH	7.91-8.22	7.26-7.33
Nitrit Nitrite (mg/L)	0.03-0.13	0.04-0.05
Amoniak Ammonium (mg/L)	0.00-0.23	0.13-0.29

tidak efektif. Hal ini karena sel-sel germinal sebelum masa diferensiasi kelamin tidak memberikan respons terhadap bahan tertentu tersebut. Demikian juga pemberian perlakuan yang dimulai setelah masa diferensiasi kelamin. Yamamoto (1969) menyatakan bahwa perubahan kelamin akan sempurna jika perlakuan mulai diberikan pada saat dimulainya diferensiasi kelamin dan berlanjut sampai periode diferensiasi kelamin berakhir.

Penambahan imidazole sebagai bahan penghambat sekresi enzim aromatase pada populasi ikan nila genotipe XX menghasilkan persentase individu berkelamin jantan sebesar 82,44%. Jika dibandingkan dengan populasi kontrol (-) genotipe XX yang mempunyai persentase individu berkelamin jantan sebesar 7,55%. Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian imidazole dengan dosis 25 mg/kg pakan cukup efektif mempengaruhi proses diferensiasi kelamin ikan nila. Mengacu kepada beberapa teori di atas, hasil percobaan ini menunjukkan bahwa waktu awal perlakuan benih ikan nila yaitu pada umur 7 hari setelah menetas sudah tepat. Pada umur 7 hari setelah menetas, benih mulai mengalami proses diferensiasi kelamin, tetapi belum terjadi pembentukan organ kelamin secara definitif. Demikian juga lama waktu pemberian imidazole dalam percobaan ini relatif sesuai dalam mempengaruhi terbentuknya kelamin jantan. Hasil percobaan ini sesuai dengan pernyataan Brodie (1991) bahwasanya pada ikan tilapia, sel yang memproduksi aromatase positif

terdapat pada gonad XX benih umur 7 hari setelah menetas. Selanjutnya aromatase diekspresikan pada gonad XX pada saat 10 hari sampai dengan 2 minggu sebelum diferensiasi ovari. Seperti telah diketahui bahwa aromatase merupakan enzim yang bertanggung jawab pada sintesis estrogen dari androgen. Pemberian aromatase *inhibitor* dalam pakan benih memberikan pengaruh terhadap pembentukan jenis kelamin, karena bahan ini menghambat kerja enzim aromatase di otak dalam bio-sintesis estrogen (proses aromatisasi) dari androgen. Mekanismenya adalah dengan cara menghambat proses transkripsi dari gen aromatase sehingga mRNA tidak terbentuk. Ketiadaan mRNA aromatase berakibat pada tidak berlangsungnya proses translasi dalam rangka pembentukan enzim aromatase. Hal ini mengakibatkan laju konversi androgen menjadi estrogen menurun sehingga terjadi penurunan konsentrasi estrogen dibanding androgen. Penurunan konsentrasi estrogen ini selanjutnya mengarah pada tidak aktifnya transkripsi dari gen aromatase sebagai *feedback*-nya (Sever *et al.*, 1999). Penelitian Ankley *et al.*, (2002) pada fathead minnow (*Pimephales promelas*) menunjukkan bahwa pemberian aromatase *inhibitor* secara nyata menurunkan aktivitas aromatase otak sehingga mengakibatkan sintesis estradiol dan produksi vitelogenin menurun. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Lee *et al.* (2002) pada ikan protandi black porgy (*Acanthopagrus schlegeli*) yang

menunjukkan bahwa pemberian bahan aromatase *inhibitor* secara nyata menurunkan tingkat aktivitas aromatase otak serta meningkatkan konsentrasi plasma 11-ketotestosterone dan LH yang merupakan produk hormon karakteristik pada individu jantan. Fenomena yang sama diduga terjadi pada percobaan ini. Penurunan aktivitas aromatase akan mengakibatkan penurunan rasio estrogen terhadap androgen. Hal ini menyebabkan terjadinya perubahan penampilan dari betina menjadi menyerupai jantan, dengan kata lain terjadi maskulinisasi karakteristik seksual sekunder.

Penambahan hormon  $17\alpha$ -mt sebagai kontrol (+) juga berhasil meningkatkan persentase individu berkelamin jantan genotipe XX sebesar 82,42%. Menurut Phelps & Popma (2000), hormon  $17\alpha$ -mt yang merupakan hormon sintetis berperan sebagai hormon androgenik yang mengarahkan perkembangan gonad ke pembentukan kelamin jantan. Penambahan hormon androgen yang diberikan bersama pakan pada percobaan ini diduga meningkatkan *level* testosterone dalam tubuh ikan nila sehingga mempengaruhi proses diferensiasi ke arah terbentuknya kelamin jantan. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa penambahan imidazole dengan dosis 25 mg/kg pakan dapat meningkatkan persentase individu berkelamin jantan pada ikan nila setara dengan penambahan 60 mg hormon  $17\alpha$ -mt/kg pakan.

Pemberian imidazole pada genotipe XY menghasilkan persentase kelamin jantan sebesar 82,03%. Nilai ini tidak berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol (-) genotipe XY sebesar 79,81%. Pemberian imidazole sebagai penghambat sekresi enzim aromatase pada genotipe XY diduga tidak terlalu berpengaruh terhadap aktivitas enzim aromatase. Hasil penelitian D'Cotta *et al.* (2001) menunjukkan bahwa penurunan aktivitas aromatase di otak ikan nila genotipe XY yang dipelihara pada suhu tinggi tidak sebesar penurunan aktivitas aromatase ikan nila genotipe XX yang dipelihara pada suhu yang sama. Aktivitas aromatase pada genotipe XX pada perlakuan tersebut mencapai 1/3 kali kondisi normal sedangkan pada genotipe XY pada perlakuan yang sama menghasilkan aktivitas aromatase sebesar 2/3 kali kondisi normal. Penelitian Lee *et al.* (2002) juga menunjukkan bahwa pemberian beberapa jenis aromatase

*inhibitor* pada ikan black porgy betina secara signifikan menurunkan aktivitas aromatase, tetapi pemberian bahan yang sama pada populasi jantan tidak mengakibatkan penurunan aktivitas aromatase secara signifikan. Hal yang sama diduga terjadi pada percobaan ini. Rendahnya pengaruh imidazole terhadap aktivitas enzim aromatase pada genotipe XY menyebabkan proses diferensiasi kelamin berlangsung seperti pada populasi normal (kontrol (-) genotipe XX). Kondisi ini menghasilkan persentase kelamin jantan pada kedua populasi tersebut tidak berbeda. Kontrol (+) genotipe XY pada percobaan ini menghasilkan persentase kelamin jantan sebesar 85,13%. Meskipun peningkatan persentase kelamin jantan yang dihasilkan lebih tinggi tetapi secara statistik tidak berbeda.

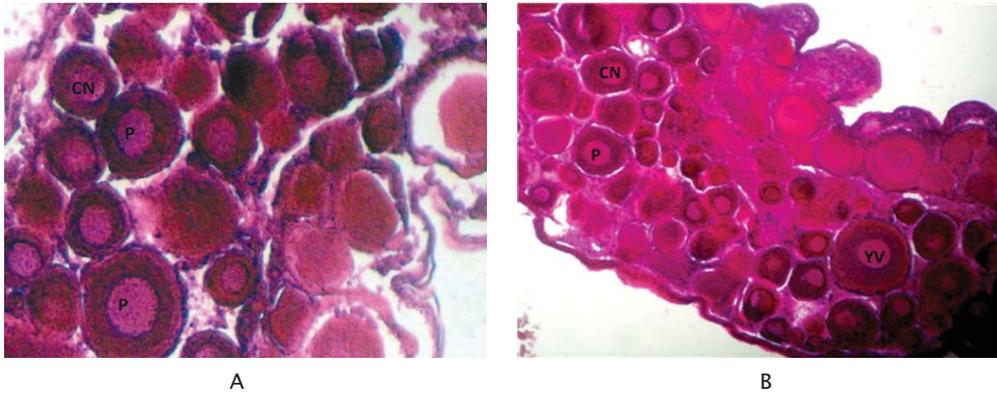
Pada genotipe YY, pemberian imidazole sebagai aromatase *inhibitor* berpengaruh nyata dalam meningkatkan persentase individu berkelamin jantan. Pemberian imidazole pada populasi hasil persilangan YY *supermale* dengan betina YY ini menghasilkan persentase kelamin jantan sebesar 97,12%. Jika dibandingkan dengan kontrol (-) genotipe YY sebesar 83,01% menunjukkan bahwa imidazole efektif dalam mempengaruhi nisbah kelamin ikan nila genotipe YY. Selain adanya reduksi aktivitas aromatase sebagai akibat pemberian imidazole, peningkatan persentase individu berkelamin jantan pada populasi genotipe YY diduga dipengaruhi oleh aksi gen yang secara langsung *linked* dengan kromosom Y. Pada genotipe yang mempunyai kromosom homogamet, diduga aksi gen ini bersifat epistatif (Tave, 1993). Kondisi yang sama juga terjadi pada genotipe XX, di mana pemberian imidazole mempunyai pengaruh yang nyata terhadap peningkatan jumlah individu berkelamin jantan. Pada genotipe XY yang notabene mempunyai kromosom heterogamet, aksi gen yang terjadi tidak bersifat epistatif sehingga pemberian imidazole tidak terlalu berdampak terhadap peningkatan individu berkelamin jantan. Pemberian bahan aromatase *inhibitor* pada genotipe YY yang menghasilkan hampir 100% individu berkelamin jantan ini menjadi sesuatu yang sangat penting. Hal ini karena tujuan utama dari pembentukan YY *supermale* adalah untuk pembentukan induk jantan yang diharapkan dapat menghasilkan populasi anakan tunggal kelamin jantan.

Persentase kelamin jantan pada semua genotipe dan perlakuan pada percobaan ini tidak mencapai 100%. Seperti telah disampaikan di depan, selain ditentukan oleh faktor internal, diferensiasi kelamin ikan juga dipengaruhi oleh faktor eksternal. Salah satu faktor eksternal yang berpengaruh kuat terhadap arah diferensiasi kelamin ikan tilapia adalah suhu (Baroiller *et al.*, 1999; Abucay *et al.*, 1999). Pemeliharaan ikan nila selama tahap diferensiasi kelamin pada suhu rendah cenderung akan menghasilkan persentase individu berkelamin betina lebih banyak. Selain suhu rendah, suhu yang berfluktuasi juga cenderung menghasilkan individu berkelamin betina lebih banyak. Dijelaskan oleh Phelps & Popma (2000) bahwa *sex reversal* ikan nila yang dilakukan pada suhu kurang dari 24°C akan mengurangi keberhasilan pembentukan individu berkelamin jantan dan juga akan berpengaruh terhadap penurunan laju pertumbuhan. Penelitian Varadaraj *et al.* (1994) dalam Phelps & Popma (2000) juga menunjukkan bahwa populasi ikan *O. mossambicus* yang dipelihara pada suhu rendah dan berfluktuasi antara 23°C-25°C mempunyai jumlah individu betina lebih banyak dibandingkan dengan yang dipelihara pada suhu lebih tinggi dan stabil. Hasil analisis kualitas air pemeliharaan larva di akuarium selama percobaan relatif rendah dan berfluktuasi antara 24,45°C-26,60°C. Rendah dan relatif berfluktuasinya suhu pada media pemeliharaan tersebut diduga kuat menjadi salah satu faktor penyebab tidak tercapainya 100% individu yang berkelamin jantan pada percobaan ini.

Selain nisbah kelamin pada ketiga genotipe ikan nila yang diuji, pengamatan juga dilakukan terhadap karakter bobot individu dan sintasan. Pada percobaan ini, genotipe dan perlakuan maupun interaksi antara keduanya tidak mempengaruhi bobot ikan nila sampai akhir tahap pendederan kecuali pada genotipe YY. Genotipe YY mempunyai bobot individu rata-rata paling rendah dibandingkan semua populasi, berkisar antara 9,21-9,70 g/ekor. Hasil ini berbeda dengan penelitian Saputra (2007) yang menerangkan bahwa sampai akhir masa pendederan, populasi benih ikan nila genotipe YY mempunyai bobot individu rata-rata tidak berbeda nyata dibandingkan benih ikan nila jantan hasil *sex reversal* maupun GMT (*Genetically Male Tilapia*). Penelitian yang dilakukan Saputra (2007) di BBPBAT, Sukabumi

menggunakan larva ikan nila yang diduga semuanya berasal dari sumber induk betina yang sama. Sedangkan pada percobaan ini, semua bahan percobaan berupa larva ikan nila didapatkan dari induk betina varietas Nirwana kecuali larva genotipe YY yang berasal dari BBPBAT, Sukabumi. Perbedaan sumber induk betina yang digunakan ini ditengarai sebagai penyebab perbedaan hasil antara kedua penelitian tersebut. Selain itu, rendahnya bobot ikan nila genotipe YY pada percobaan ini diduga disebabkan adanya fenomena *inbreeding*. *Inbreeding* pada populasi genotipe YY terjadi karena keterbatasan jumlah individu terseleksi pada saat awal pembentukan induk jantan super genotipe YY maupun pada saat produksi massal induk jantan super genotipe YY pada tahap selanjutnya. Produksi massal induk jantan super genotipe YY dilakukan dengan menyilangkan induk jantan super genotipe YY dengan induk betina genotipe YY. Kedua induk bergenotipe YY ini berasal dari populasi yang sama sehingga peluang terjadinya *inbreeding* sangat tinggi. Namun demikian, rendahnya laju pertumbuhan ikan nila genotipe YY bukan menjadi masalah yang utama karena tujuan utama pembentukan ikan nila YY *supermale* adalah untuk menghasilkan induk ikan nila yang secara genotipe mampu menghasilkan keturunan 100% berkelamin jantan, bukan menghasilkan ikan nila dengan laju pertumbuhan yang cepat.

Secara umum, populasi ikan nila campuran genotipe XX-XY mempunyai bobot individu rata-rata kurang dari bobot individu rata-rata pada genotipe XY dan XX. Hal ini diduga disebabkan oleh adanya *sharing* energi untuk perkembangan gonad dan juga adanya pengaruh interaksi sosial. Meskipun masih relatif muda, ikan nila yang dipelihara secara campuran antara jantan dan betina diduga mempunyai perkembangan gonad lebih cepat dibandingkan populasi tunggal kelamin. Pada umur 95 hari setelah menetas, diameter oosit pada gonad betina yang berasal dari populasi tunggal kelamin betina XX maupun campuran XX-XY relatif sama, yaitu sekitar 500-875 µm. Menurut Popma & Masser (1999), bahwa ikan nila yang dipelihara di kolam akan mencapai kematangan gonad pada umur 5-6 bulan dengan bobot berkisar antara 150-200 g. Selain itu, berdasarkan SNI No. 6138-2009 tentang induk ikan nila, disebutkan bahwa ikan nila matang gonad pada ukuran diameter oosit 8 2.500 µm. Berdasarkan hal tersebut,



Gambar 1. Hasil analisis histologis ovarium ikan nila dari populasi tunggal kelamin betina XX (A) dan dari populasi campuran XX-XY (B). CN: tahap kromatin nukleolar, P: perinukleolar, YV: vesikula kuning telur

Figure 1. The histologists section of tilapia ovary from all female population (A) and from mixed sex population (B). CN: chromatin nucleolar, P: perinucleolar, YV: yolk vesicle

mestinya populasi tunggal kelamin betina XX dan populasi campuran XX-XY mempunyai kondisi yang relatif sama. Namun demikian, meskipun diameter oosit antara kedua populasi tersebut relatif sama, hasil analisis histologis gonad ikan nila betina yang berasal dari populasi tunggal kelamin betina XX dan populasi campuran XX-XY menunjukkan adanya perbedaan (Gambar 1). Oosit tertua pada ovarium ikan yang berasal dari populasi tunggal kelamin betina XX baru mencapai tahap perinukleolar, sedangkan pada ovarium ikan yang berasal dari populasi campuran XX-XY telah ditemukan oosit yang berada pada tahap vesikula kuning telur, yaitu satu tahap lebih lanjut dibandingkan tahap perinukleolar. Berdasarkan hasil tersebut, meskipun pada umur 95 hari ikan nila belum mencapai tahap pematangan telur, tetapi perkembangan organ reproduksi pada populasi campuran XX-XY yang relatif lebih cepat diduga mempengaruhi laju pertumbuhan populasi tersebut.

Secara umum, kualitas air media pemeliharaan ikan di dalam akuarium maupun kolam pendederan relatif sesuai dengan kebutuhan hidup ikan (Boyd, 1990). Hal ini berdampak terhadap relatif tingginya nilai sintasan ikan nila yaitu antara 76,80%-95,50%. Relatif lebih rendahnya sintasan ikan nila genotipe YY pada percobaan ini mendukung hasil penelitian Saputra (2007) yang menunjukkan bahwa populasi nila YY mempunyai tingkat sintasan lebih rendah dibanding populasi nila hasil *sex reversal* maupun GMT.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Bahan aromatase *inhibitor* efektif meningkatkan persentase kelamin jantan ikan nila pada genotipe homogamet XX dan YY tetapi tidak pada genotipe heterogamet XY. Selain ditentukan oleh faktor genetik, diferensiasi kelamin ikan nila juga dipengaruhi oleh lingkungan dan interaksi antara faktor genetik dan lingkungan.

Kegiatan *sex reversal* ikan nila disarankan menggunakan bahan aromatase *inhibitor* karena aman pada produk konsumsi dan mudah terdegradasi secara alamiah. Selain itu, juga disarankan dilakukan pada suhu di atas 26°C.

## DAFTAR ACUAN

- Abucay, J.S., Mair, G.C., Skibinski, D.O.F., & Beardmore, J.A. 1999. Environmental sex determination: the effect of temperature and salinity on sex ratio in *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture*, 173: 219-234.
- Ankley, G.T., Kahl, M.D., Jensen, K.M., Hornung, M.W., Korte, J.J., Makynen, E.A., & Leino, R.L. 2002. Evaluation of the aromatase inhibitor fadrozole in a short-term reproduction assay with the fathead minnow (*Pimephales promelas*). *Toxicol Sci.*, 67: 121-130.
- Ariyanto, D., Listiyowati, N., & Himawan, Y. 2009. Aromatase *inhibitor*, bahan alternatif pengganti hormon methyltestosterone pada *sex reversal* ikan nila. *Forum Inovasi*

- Teknologi Akuakultur*. Surabaya, 9-13 Juli 2009. Pusat Riset Perikanan Budidaya, 12 hlm.
- Astutik, I.O. 2004. *Sex reversal pada ikan nila merah melalui perendaman larva dengan aromatase inhibitor*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, 37 hlm.
- Barmudi, I. 2005. *Efektivitas aromatase inhibitor terhadap sex reversal ikan nila merah dalam suhu media 33°C*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, 29 hlm.
- Baroiller, J.F., Guiguen, Y., & Fostier, A. 1999. Endocrine and environmental aspects of sex differentiation in fish. *Cell. Mol. Life Sci.*, 55: 910-931.
- Boyd, C.E. 1990. *Water Quality in Pond for Aquaculture*. Alabama: Auburn University Press, 482 p.
- Brodie, A. 1991. Aromatase and its inhibitors. An overview. *Mol. Biol.*, 40: 225-261.
- Chapman, F.A. 2000. Culture of hybrid tilapia: A reference profile. *SIR. 1050*. Univ. of Florida, 5 pp.
- Contreras-Sancez, W.M., Fitzpatrick, M.S., & Schreck, C.B. 2001. Fate of methyltestosterone in the pond environment : Impact of mt-contaminant soil on tilapia sex differentiation. <http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/>. [13 Mei 2008].
- D'Cotta, H., Fostier, A., Guiguen, Y., Govoroun, M., & Baroiller, J.F. 2001. Aromatase plays a key role during normal and temperature-induced sex differentiation of tilapia *Oreochromis niloticus*. *Mol. Rep. Dev.*, 59: 265-276.
- Devlin, R.H. & Nagahama, Y. 2002. Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture*, 208: 191-364.
- Dunham, R.A. 2004. *Aquaculture and Fisheries Biotechnology: Genetic Approaches*. New York: CABI Publishing, 384 pp.
- Gustiano, R. 2006. Perbaikan mutu genetik ikan nila. Makalah Bidang Riset Perikanan Budidaya. *Simposium Kelautan dan Perikanan*. Jakarta, 6 hlm.
- Hunter, G.A. & Donaldson, E.M. 1983. Hormonal sex control and its application to fish culture. Di dalam: Hoar, W.S. & Randall, D.J. (Eds.). *Fish Physiology*. Volume IXB. New York: Academic Press, p. 223-291.
- Jufrie, F.M. 2006. *Efektivitas aromatase inhibitor pada perendaman embrio terhadap sex reversal ikan lele Sangkuriang*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, 47 hlm.
- Lee, Y.H., Yueh, W.S., Du, J.L., Sun, L.T., & Chang, C.F. 2002. Aromatase inhibitors block natural sex change and induce male function in the protandrous black porgy, *Acanthopagrus schlegelii* Bleeker: Possible mechanism of natural sex change. *Biol. Rep.*, 66: 1,749-1,754.
- Lukman, F.F. 2005. *Efektivitas aromatase inhibitor yang diberikan melalui Daphnilla terhadap keberhasilan sex reversal pada ikan nila GIFT*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, 39 hlm.
- Nagy, A, Beresenyi, M., & Canyi, V. 1981. Sex reversal in carp by oral administration of methyltestosterone. *Can. J. Fish Aqua. Sci.*, 38: 725-728.
- Phelps, R.P. & Popma, T.J. 2000. Sex reversal of tilapia. Di dalam: Costa-Pierce BA, Rakocy JE, editor. *Tilapia Aquaculture in The Americas*. Volume ke-2. Louisiana: The World Aquaculture Society, p. 34-59.
- Popma, T.J. & Masser, M. 1999. Tilapia : Life history and biology. *SRAC Publ. No. 283*, 4 pp.
- Rakocy, J.E. & McGinty, A.S. 1989. Pond culture of tilapia. *SRAC Publ. No. 280*, 4 pp.
- Saputra, A. 2007. *Pertumbuhan benih ikan nila hasil sex reversal, benih Genetically Male Tilapia dan benih YY*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, 47 hlm.
- Sarida, M. 2006. Efektivitas pemberian aromatase inhibitor dan 17 $\alpha$ -methyltestosterone melalui pakan dalam produksi udang galah jantan. *Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*. Bandar Lampung, 13-14 September 2006. Lampung: Universitas Lampung, hlm. 67-77.
- Sever, D.M., Halliday, T., Waight, V., Brown, J., Davies, H.A., & Moriarty, E.C. 1999. Sperm storage in female of the smooth newt: Ultrastructure of the spermathecal during the breeding season. *J. Exp. Zool.*, 283: 51-70.
- Supriatin, R. 2005. *Efektivitas aromatase inhibitor dalam suhu ruang dan 30°C terhadap nisbah kelamin ikan Platty variatus*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, 42 hlm.

- Tasdiq, M. 2005. *Pengaruh pemberian aromatase inhibitor melalui Artemia terhadap keberhasilan sex reversal pada ikan nila merah*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, 31 hlm.
- Tave, D. 1993. *Genetic for Fish Hatchery Managers*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: AVI Book Publishing, 418 pp.
- Tave, D. 1996. *Selective breeding programmes for medium sized fish farms*. Rome: FAO Fish Tech. Paper 352, 122 pp.
- Utomo, D.S.C. 2006. *Efektivitas aromatase inhibitor melalui perendaman pada larva ikan lele Sangkuriang yang berumur 0, 2 dan 4 hari setelah menetas*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, 42 hlm.
- Yamamoto, T. 1969. Sex differentiation. Di dalam: Hoar, W.S. & Randall, D.J. (Eds.) *Fish Physiology*. Volume III. New York: Academic Press, hlm 117-157.
- Yamazaki, F. 1983. Sex control and manipulation in fish. *Aquaculture*, 33: 329-354.