

Kemampuan adaptasi ikan gobi amfidromus terhadap perubahan salinitas

(The adaptation ability of amphidromous goby to salinity changes).

**Indra R.N. Salindeho**

Staf Pengajar Program Studi Budidaya Perairan FPIK Unsrat Manado

Penulis Korespondensi: I. R. N. Salindeho, indra.salindeho@unsrat.ac.id

**Abstract**

Each group of fish has its specific migration pattern, which is commonly related to its life cycle. Amphidromus is one of the most common forms of diadromous migration in fishes. Gobies is a group of fish whose members are mostly amphidromus. In the process of their amphidromus migration, gobies have to adapt to various environments, from zero salinity in fresh waters, to an environment with a totally different level of salinity which is as high as 34ppt, in marine waters or vice versa. To cope with this, gobies have to prepare their physiological functions so that they can immediately adapt well to their new environment with an osmotic pressure that is very different from the previous environment. Gobies larvae hatching in freshwater rivers must migrate to seawater within a few hours to survive. Larvae failing to reach seawater will not undergo metamorphosis and will eventually die. Larvae that reach marine waters will grow and develop into post-larvae, and at this stage will migrate back to fresh water. The motivation to migrate from sea to freshwater is related to an alteration in the endocrine system, which play an essential role in controlling the osmotic balance of the fish body migrating from sea water to fresh water. The migrating postlarvae gobies undergo all processes of preparation for their physiological functions and adjustments in osmoregulation system to anticipate the drastic change in the osmolality gradient of their environment. The metamorphosis process of all external and internal organs, including the fins, cranium, digestive system and osmoregulation system, takes place simultaneously during the migration process. Most gobies are true amphidromus fish, but they are also superb osmoregulator fish.

**Keywords:** Migration, diadromous, osmoregulation, Gobiidae.

**PENDAHULUAN**

Pola migrasi ikan sangat berhubungan dengan siklus hidup, sehingga setiap kelompok ikan memiliki pola migrasinya sendiri. Istilah diadromus ditujukan untuk mengkategorikan kelompok ikan yang bermigrasi dua arah antara habitat perairan tawar dan perairan laut pada berbagai tahapan dalam siklus hidupnya

(McDowall, 1997). Menurut McDowall (2007), istilah diadromus memiliki dua konotasi penting, yang pertama adalah pergerakan yang dilakukan ikan bertujuan untuk bermigrasi; dan kedua adalah pergerakan ikan harus melibatkan dua habitat, yakni perairan tawar dan laut, dimana ikan berpindah dua arah untuk waktu yang cukup lama, dan dalam prosesnya ikan mengalami adaptasi yang

nyata pada fungsi-fungsi fisiologis seperti osmoregulasi. Diadromus dibagi secara umum dalam tiga strategi migrasi yakni anadromus, katadromus dan amfidromus.

Amfidromus merupakan salah satu bentuk yang paling umum dari migrasi diadromus pada organisme akuatik (McDowall 2007; Milton 2009; Egan *et al.*, 2019). Ciri-ciri ikan amfidromus adalah: ikan dewasa bertelur di air tawar, dan telur atau larva yang baru menetas hanyut ke laut di mana mereka menjalani kehidupan planktonik, tumbuh selama beberapa bulan, dan kemudian sebagai postlarva atau juvenil mereka kembali ke air tawar untuk tumbuh hingga fase dewasa dan bereproduksi (McDowall, 1997; Bell, 1999; Keith *et al.*, 2008; Valade *et al.*, 2009; Augspurger, 2017). Amfidromus adalah salah satu bentuk diadromus yang paling banyak jenis ikannya. Kurang-lebih 273 spesies ikan bersifat amfidromus (Augspurger *et al.*, 2016).

Salah satu kelompok ikan yang anggotanya banyak bersifat amfidromus adalah ikan gobi. Kelompok ikan ini termasuk pada Suborder Gobioidi, ordo Perciformes. Ikan Gobioid umumnya berukuran kecil, antara 4 sampai 10 cm panjangnya dan memiliki keragaman yang spektakuler dalam morfologi, tingkah-laku dan ekologi (Ruber and Agorreta, 2011). Eleotridae dan Gobiidae merupakan dua famili dari Subordo Gobioidi yang memiliki jenis ikan yang tersebar luas pada berbagai habitat tropis dan subtropis dan siklus hidup sejumlah anggotanya bersifat amfidromus (Keith, 2003; McDowall, 2007; Milton, 2009; Jarvis and Closs, 2015; Augspurger *et al.*, 2016).

Dalam proses migrasi amfidromus, ikan gobi harus beradaptasi pada medium hidup tanpa kadar garam (0 ppt) di perairan tawar ke medium hidup berkadar-garam tinggi (30 ppt) di perairan laut atau sebaliknya. Untuk dapat melakukan migrasi tersebut, ikan gobi harus mempersiapkan fungsi-fungsi fisiologisnya sehingga langsung dapat beradaptasi dengan baik pada lingkungan barunya yang memiliki tekanan osmotik yang sangat berbeda dengan lingkungan sebelumnya. Dengan berbagai persiapan dan antisipasi fisiologis tersebut, ikan gobi tidak mengalami stress yang berkepanjangan, sehingga tidak ada dampak negatif terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ketika ikan gobi dipaparkan pada berbagai level salinitas yang berbeda.

#### **TINJAUAN SINGKAT OSMOREGULASI PADA IKAN**

Salinitas air medium hidup ikan sangat berpengaruh terhadap semua fungsi fisiologis ikan dan biaya energetik yang cukup besar digunakan ikan dalam meregulasi osmolalitas cairan tubuhnya untuk disesuaikan atau diseimbangkan dengan osmolalitas lingkungannya. Air merupakan bagian terbesar dan terutama dari tubuh ikan, dan cairan tubuh ikan mengandung garam-garam terlarut.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , dan  $\text{Cl}^-$  merupakan ion-ion inorganik utama dan  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_3^{4-}$  dan  $\text{HCO}_3^-$  merupakan ion-ion dalam jumlah lebih kecil (Edwards and Marshall, 2013). Ikan teleosts harus menjaga salinitas internalnya pada level kurang lebih seperempat sampai sepertiga dari salinitas air laut lingkungannya. Ikan teleostei

euryhaline memiliki tingkat osmolalitas antara 274-297 mM/kg air, sementara tingkat osmolalitas air laut sebesar 1050 mM/kg air dan air tawar 1mM/kg air (Evans, 1993).

Dengan demikian, pada lingkungan air laut, semua ikan teleostei, termasuk ikan gobi, dalam kondisi hipo-osmoregulasi terhadap lingkungan perairannya. Akibatnya ikan akan mengalami kehilangan cairan secara osmosis melalui insang dan permukaan tubuh eksternal yang bersifat permeable, dan jika tidak diantisipasi ikan akan dehidrasi (Shrimpton, 2013). Sementara garam-garam ( $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ ) dalam konsentrasi tinggi pada lingkungan air di luar tubuh ikan, akan cenderung berdifusi masuk ke tubuh yang konsentrasi garamnya lebih rendah (Evans, 1993). Untuk mengantisipasinya maka osmoregulasi dilakukan ikan dengan *reflexive-drinking* (minum secara refleks) untuk mengganti cairan yang keluar dari tubuh, dimana tempat absorpsi air yang diminum adalah esofagus dan intestin (Edwards & Marshall, 2013). Ikan juga mengurangi urin, dan urin yang dikeluarkan sangat pekat dengan garam-garam. Kelebihan  $\text{NaCl}$  diekskresikan oleh ionocytes yang ada pada epithelium insang dan kulit, juga lewat ginjal melalui  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase,  $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{2Cl}^-$  cotransporter, dan apical cystic fibrosis transmembrane conductance regulator (Edwards and Marshall, 2013).

Sebaliknya pada lingkungan air tawar, semua ikan teleostei termasuk ikan gobi, dalam kondisi hiper-osmoregulasi pada lingkungan perairannya. Tubuh ikan memiliki konsentrasi garam

yang jauh lebih tinggi dari medium air tawar lingkungannya yang hanya memiliki osmolality 1 mM/kg air. Dengan demikian, air dari lingkungan akan cenderung masuk lewat osmosis ke dalam tubuh ikan melalui epithelium insang dan semua permukaan tubuh yang permeabel lainnya, dan garam-garam dari tubuh ikan akan cenderung berdifusi keluar tubuh ikan ke medium air yang tanpa kadar garam (Evans, 1993). Untuk mengantisipasi kondisi tersebut, ikan air tawar memproduksi sejumlah besar urin yang encer dan mengambil ion via transpor aktif dari  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  melalui epithelium insang dari medium air dan via usus dari makanan yang dikonsumsi dan ginjal untuk pengambilan ion renal (Shrimpton, 2013). Pengambilan  $\text{NaCl}$  eksternal via mekanisme pengikatan tinggi atau mekanisme pengikatan rendah  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$  kotranspor (Edwards and Marshall, 2013).

Pada ikan euryhalin terdapat membran pembatas yang rendah permeabilitas osmosisnya pada epithelium insang dan kulit tubuhnya untuk meminimalkan perpindahan air dan ion trans-membran. Sebaliknya, usus memiliki level ekspresi yang tinggi dari saluran aquaporin pada ikan euryhaline yang merefleksikan adanya kebutuhan akan absorpsi air khususnya pada ikan air laut pada kondisi adanya gradient osmotik yang besar. Epithelium lambung juga memiliki kapabilitas untuk mentransfer air pada kondisi gradien osmotik yang tinggi menggunakan cotransporter dan uniporter (Marshall, 2013).

Uraian di atas menunjukkan osmolalitas yang sangat berbeda antara lingkungan air tawar dan lingkungan air

laut, serta bagaimana ikan gobi harus mengantisipasi lewat strategi osmoregulasi yang sangat bertolak belakang antara kondisi air tawar dan air laut. Ikan amfidromus yang bermigrasi dari air tawar ke air laut dan kemudian kembali lagi ke air tawar harus merubah strategi osmoregulasinya setiap kali akan melakukan migrasi (Shrimpton, 2013). Post-larva ikan amfidromus gobi, termasuk *S. lagocephalus*, *S. pugnans* dan *A. grammepomus*, juga melakukan perubahan strategi osmoregulasinya pada setiap proses migrasinya. Menurut Urbina and Glover (2015), perubahan-perubahan tersebut mempengaruhi semua fungsi fisiologis ikan dan membutuhkan biaya energetik yang besar sehingga dapat berakibat negatif pada pertumbuhan ikan.

#### **ADAPTASI LARVA GOBI PADA SALINITAS BERBEDA**

Informasi menyangkut pengaruh salinitas terhadap larva ikan gobi masih sangat terbatas. Penelitian pada pengaruh salinitas terhadap perkembangan larva amfidromus *S. lagocephalus* yang baru menetas telah dilakukan oleh Valade *et al.* (2009) dan Ellien *et al.* (2016). Kedua penelitian tersebut mendapatkan bahwa larva *S. lagocephalus* tidak akan berkembang jika ditahan pada air tawar. Menurut Valade *et al.* (2009), meskipun telur-telurnya menetas di air tawar, larvanya akan mati dalam waktu 60 – 72 jam jika ditahan pada air tawar. Perkembangan organ tubuh tidak terjadi, kantong kuning telur tidak berubah, mulut tertutup, tidak ada pertumbuhan sirip, kromatofor tidak meluas, mata tetap transparan. Sebaliknya, larva

yang dipindahkan ke air laut setelah berusia 4 jam, 26 jam dan 56 jam langsung terpacu untuk perubahan morfologi tubuh. Ellien *et al.* (2016) melaporkan bahwa larva *S. lagocephalus* akan mati dalam waktu 96 jam jika tetap ditahan pada air tawar. Ini menunjukkan bahwa *S. lagocephalus* harus mengikuti pola ruaya amfidromusnya, dimana larva yang menetas di air tawar harus menjalani metamorfosis dan perkembangan larvanya di air laut.

Larva ikan gobi, termasuk *S. lagocephalus*, yang bermigrasi dari perairan tawar ke perairan laut, akan mendiami perairan laut selama beberapa bulan sehingga sistim osmoregulasinya teradaptasi dengan perairan laut. Lord *et al.* (2010) melaporkan bahwa berdasarkan microstructural analysis dari otolith, fase larva dari *S. lagocephalus* di perairan laut berlangsung selama  $131 \pm 3.4$  hari. Akan tetapi Watanabe *et al.* (2011) melaporkan bahwa *S. japonicus* dan *S. lagocephalus* memiliki waktu larva-oseanik yang sangat panjang, antara 131-266 hari pada berbagai perairan baik di daerah tropis maupun subtropis. Sementara menurut Hoareau *et al.* (2007), lamanya fase larva dari *S. lagocephalus* adalah  $199 \pm 33$  hari. Setelah waktu yang panjang di perairan laut, pada satu waktu tertentu larva harus melakukan migrasi amfidromusnya kembali ke perairan tawar untuk bermetamorfosis menjadi juvenil, dan kemudian akan bertumbuh menjadi dewasa di perairan tawar (Shrimpton, 2013). Untuk termotivasi melakukan migrasi amfidromusnya kembali ke perairan tawar, fungsi-fungsi fisiologis berperan penting untuk memicu larva amfidromus gobi, dimana persiapan fungsi

fisiologis ini berlangsung dalam waktu yang cukup panjang. Selanjutnya Shrimpton (2013) menyatakan bahwa, persiapan yang terpenting adalah langkah antisipasi untuk menghadapi lingkungan perairan yang gradien salinitas serta tekanan osmolalitasnya yang drastis, sehingga menciptakan adanya tantangan osmotik yang sangat besar pada ikan.

Setelah beberapa bulan larva ikan gobi mendiami perairan laut dengan mengalami beberapa tahapan perkembangan tubuhnya, akan tiba saat dimana larva gobi akan terpicu melakukan migrasi amfidromusnya kembali ke perairan tawar. Motivasi untuk melakukan migrasi dari laut ke perairan tawar berhubungan dengan perubahan sistim endokrin. Takei and McCormick (2013) menyatakan bahwa, sistim endokrin pada ikan memiliki peran yang esensial dalam mengontrol keseimbangan osmotik tubuh ikan yang melakukan migrasi dari perairan laut ke perairan tawar atau sebaliknya. Sistim kontrol dalam tubuh ikan dengan *messenger* hormon ini mendeteksi perubahan *osmotic* dan *ionic*, kemudian memberikan signal dan mengkoordinasikan respons dari jaringan-jaringan tubuh spesifik untuk meregulasi fluks air dan ion (Kultz, 2013). Dua kelompok hormon yang berperan dalam osmoregulasi ikan yakni hormon reaksi-cepat dan hormon reaksi-lambat dimana keduanya berperan pada sistim koordinasi yang berbeda.

Hormon yang tergolong dalam reaksi-cepat adalah angiotensins, natriuretic-peptides, neurohypophysial hormones, urotensins, dan guanylins yang menangani perubahan salinitas tiba-tiba dengan beraksi

pada otak untuk mengontrol banyaknya minum, dan pada organ osmoregulasi tubuh lain untuk merubah aktifitas ion transporter di insang, ginjal dan saluran pencernaan (Takei and McCormick, 2013). Hal yang menarik adalah peningkatan hormon reaksi-cepat pada plasma darah terjadi sebelum adanya perubahan osmolality dalam plasma darah, sehingga mengindikasikan adanya sensor external yang mendeteksi adanya perubahan salinitas lingkungan perairan (Kultz, 2013). Sensor ini yang mentransmisi informasi ke sistim saraf simpatetik dan ke organ endokrin. Sejumlah protein telah diidentifikasi berfungsi sebagai osmosensing dan / atau Na<sup>+</sup>-sensing (Kultz, 2013).

Hormon reaksi lambat, menurut Takei and McCormick (2013), diproduksi secara lambat (beberapa jam sampai beberapa hari) dan hormon ini akan tetap dalam sirkulasi untuk waktu pemaparan yang lama pada saat ikan dalam kondisi medium osmotik yang baru. Termasuk dalam kelompok hormon ini adalah dua jenis pituitary hormon, prolactin (PRL) dan growth hormon (GH), yang mengontrol ionoregulation pada ikan. PRL adalah hormon yang terpenting untuk persiapan migrasi dari perairan laut ke perairan tawar (Shrimpton, 2013). Selama proses adaptasi untuk migrasi ke air tawar, level PRL pada pituitary dan plasma meningkat untuk meregulasi keseimbangan hydro-mineral dengan menurunkan tingkat pengambilan air dan meningkatkan retensi ion. Produksi hormon reaksi-lambat dipicu oleh sejumlah hormon reaksi cepat yang sudah beraksi sebelumnya (Takei and McCormick, 2013).

## ADAPTASI POST-LARVA GOBI PADA SALINITAS BERBEDA

Penelitian menyangkut pengaruh salinitas terhadap juvenil dan stadia dewasa ikan gobi telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Darwis *et al.* (2008) menguji efek perbedaan salinitas terhadap pertumbuhan juvenil marble gobi, *Oxyeleotris marmoratus*, yang merupakan jenis gobi air tawar terbesar di dunia, sementara Oto *et al.* (2017) dan Oto (2020) mengamati preferensi dari juvenil dan ikan dewasa dari beberapa jenis amfidromus gobi terhadap medium air dengan salinitas berbeda. Darwis *et al.* (2008) melaporkan bahwa, juvenil marble gobi, *O. marmoratus*, bertumbuh maksimal pada air payau dengan salinitas 10 ppt, dimana capaian bobot tubuhnya sebesar 0.31 g, sementara pertumbuhan terendah ditunjukkan oleh juvenil yang dikultur pada salinitas 30 ppt dengan capaian bobot tubuh sebesar 0.07gr.

Gerombolan ikan gobi yang sedang dalam proses migrasi amfidromusnya dari laut untuk memasuki muara sungai air tawar telah mengalami semua proses persiapan fungsi-fungsi fisiologisnya serta perubahan sistim osmoregulasi tubuhnya dengan sempurna untuk mengantisipasi gradien osmolalitas lingkungannya yang berubah drastis. Selain itu proses metamorfosisnya juga berlangsung ketika post-larva ikan gobi sedang melakukan migrasi amfidromusnya dari laut ke perairan tawar, dimana metamorfosis terjadi pada seluruh organ tubuh eksternal dan internal, termasuk sirip, cranium, sistim pencernaan dan sistim osmoregulasi (Keith *et al.*, 2008). Pada saat akan memasuki muara sungai, mereka akan memanfaatkan waktu yang cukup untuk

beradaptasi dengan salinitas sambil melangsungkan tahapan proses metamorfosisnya. Sebelum masuk ke muara sungai, gerombolan ikan gobi umumnya sudah berada di perairan pesisir sekitar muara sungai 1-2 hari sebelumnya, dimana mereka beradaptasi dengan salinitas perairan tawar. Keith *et al.* (2008) menyatakan bahwa, ketika akan memasuki muara sungai, ikan gobi sudah berada pada stadia *Post-larval stage 1 (PL1)*, dan pada tahapan ini individu gobi akan menetap di muara sungai selama kurang lebih 48 jam.

Post-larva atau juvenil amfidromus Gobiidae dalam melakukan migrasi dari perairan laut ke perairan tawar, akan memasuki muara sungai pada saat menjelang bulan baru (Salindeho, 2021). Beberapa hari sebelum bulan baru, beda pasang dan surut air laut sudah tinggi, sehingga pada saat air surut, air tawar sudah signifikan mempengaruhi sebagian besar areal pesisir sekitar muara sungai. Kondisi ini dimanfaatkan oleh ikan gobi untuk beradaptasi terhadap osmolalitas perairan tawar sebelum mereka masuk ke muara sungai. Pada saat air pasang, mereka akan ikut bersama air laut yang masuk ke muara sungai dan selanjutnya terus ke dalam wilayah sungai dengan kondisi air yang semakin rendah salinitasnya. Seperti sudah dijelaskan di atas, osmolalitas yang sangat berbeda antara lingkungan air tawar dan lingkungan air laut, membuat ikan gobi harus melakukan adaptasi yang ekstrim karena strategi osmoregulasi yang sangat bertolak belakang antara kondisi air tawar dan air laut bagi ikan gobi.

Edwards and Marshall (2013) menyatakan bahwa ketika ikan bermigrasi

dari perairan laut ke perairan dengan salinitas lebih rendah, osmolality dari darah menurun temporer sampai sebesar 60 mOsmol/kg, sehingga membuat kondisi hipo-osmotik dan volume sel meningkat. Sel mengantisipasi dengan melakukan regulasi penurunan volume (RVD), dan membiarkan ion-ion, terutama  $K^+$  dan  $Cl^-$  melewati kanal-kanal ion, dan asam-amino (taurine) untuk meninggalkan sel bersamaan dengan air yang berpindah secara osmosis sehingga dapat mengembalikan volume sel. Menurut Shrimpton (2013), mekanisme ionoregulasi ketika ikan bermigrasi dari perairan laut ke tawar adalah pemodelan kembali secara ekstrim struktur insang, ginjal dan lambung untuk mengantisipasi transisi dari ekskresi ion menjadi pengambilan ion ketika mereka meninggalkan perairan laut. Oto (2020) menyatakan bahwa, ikan-ikan diadromous perlu merubah status osmoregulasi dengan mengganti level aktivitas atau tingkat sekresi dari sel klorida pada insang, protein yang mentranspor ion serta plasma hormon, sebelum memasuki lingkungan dengan salinitas berbeda.

Dengan merujuk pada hasil penelitian Valade *et al.* (2009) dan Ellien *et al.* (2016) dapat disimpulkan bahwa *S. lagocephalus* merupakan ikan amfidromus sejati, dan bukan euryhalin sepanjang hidupnya. Valade *et al.* (2009) dan Ellien *et al.* (2016) melaporkan bahwa larval premetamorphic amfidromus gobi tidak akan berkembang dan bertahan hidup jika ditahan di air tawar. Laporan dari berbagai penelitian juga menunjukkan post-larva *S. lagocephalus* merupakan species dominan yang ditemukan sedang rekrut ke muara-

muara sungai di perairan Indo Pasifik (Keith, 2003; Watanabe *et al.*, 2011; Vedra and Ocampo, 2014; Teichert *et al.*, 2013; Salindeho, 2021). Shrimpton (2013) menyatakan bahwa, jika kelompok ikan menunjukkan karakteristik seperti itu maka jenis ikan ini adalah amfidromus sejati yang harus mengikuti migrasinya, dan bukan euryhaline spesies. Jika tidak mengikuti migrasinya maka perkembangannya akan terhambat atau ikan akan mati.

Sejumlah species ikan gobi, termasuk *S. lagocephalus*, merupakan ikan osmoregulator yang unggul, karena kecepatan untuk beradaptasi pada lingkungan dengan gradien osmolality yang ekstrim sehingga tidak ada pengaruh negatif pada pertumbuhan jaringan tubuhnya. Kondisi ini memberikan gambaran bahwa biaya energetik untuk penyesuaian gradien osmolalitas melalui proses osmoregulasi pada ikan gobi sangat kecil, dan sebaliknya alokasi energi anabolisme yang besar untuk pertumbuhan. Laporan penelitian Urbina and Glover (2015) pada ikan amfidromus inanga (*Galaxias maculatus*) membuktikan kemampuan ikan amfidromus sebagai osmoregulator yang unggul. Ikan inanga uji yang dipaparkan selama 16 hari pada salinitas antara 0 – 43 ppt, hanya mengalami perubahan-perubahan minor pada plasma osmolality dan tidak ada perubahan yang signifikan pada tingkat metabolisme atau pemanfaatan energi.

Urbina and Glover (2015) juga melaporkan bahwa pada 6 level salinitas antara 0 – 43 ppt, osmolality dari plasma darah tidak berubah secara signifikan dan ada pada level sekitar 300 mOsm/kg, energy expenditur hanya berfluktuasi sempit pada

level rata-rata  $5.4 \pm 0.1$  J/g-fish/jam, tingkat metabolisme juga berfluktuasi sangat sempit yakni  $11.1 \pm 0.2$   $\mu\text{mol O}_2/\text{g/jam}$ . Fakta ini menunjukkan tidak ada peningkatan level stres pada ikan inanga, sehingga tidak ada biaya fisiologis yang signifikan besarnya ketika diadaptasikan pada rentang yang luas dari salinitas lingkungan. Tidak adanya perubahan tingkat metabolisme serta energi expenditure yang cenderung tetap meindikasikan bahwa kelebihan energi dialokasikan untuk anabolik proses atau pertumbuhan.

Sejumlah hasil penelitian lain mendapatkan bahwa ikan teleostei amfidromus maupun yang stenohaline tawar dapat hidup dan bertumbuh baik pada perairan payau. Dengan kata lain, meskipun habitat dari ikan tersebut adalah air tawar, akan tetapi jika diberi pilihan antara air payau dan air tawar, maka ikan akan memiliki preferensi air payau sebagai tempat hidupnya. Ini mengisyaratkan bahwa meskipun dalam migrasi amfidromusnya ikan gobi harus menuju perairan tawar di hulu sungai sebagai habitat hidupnya, tapi mereka dapat juga hidup dan bertumbuh pada perairan payau. Darwis *et al.* (2008) melaporkan bahwa, *O. marmoratus* yang merupakan gobi air tawar, bertumbuh paling baik pada salinitas 10 ppt, dan pertumbuhannya pada salinitas 0 ppt tidak berbeda nyata dengan pada 15 ppt. Sementara menurut Oto (2020), ketika juvenile amfidromus gobi, *Gymnogobius petschiliensis*, sudah diaklimatisasi pada air bersalinitas, mereka tidak memiliki preferensi lagi untuk ke air tawar, tapi lebih menyukai air bersalinitas 20 ppt. Namun dalam proses ruayanya di alam, *G.*

*petschiliensis* akan terus berenang melewati muara sungai yang payau menuju ke arah hulu perairan tawar, sehingga menurut Oto (2020), dalam migrasi ke habitatnya air tawar, *G. petschiliensis* melawan preferensinya untuk tetap di air bersalinitas. Oto *et al.* (2017) melaporkan bahwa, tiga jenis ikan amfidromus gobi dewasa *Tridentiger brevispinis*, *Rhinogobius similis*, dan *G. petschiliensis* yang mendiami air tawar, dan juga disampel dari perairan tawar, ketika diberi pilihan untuk menuju ke air tawar atau air payau, lebih memilih air payau. Fakta ini mengisyaratkan bahwa kesukaan ikan pada salinitas air tertentu, tidak menentukan habitat dimana mereka hidup.

Kecepatan pertumbuhan ikan gobi yang tinggi pada air payau (Darwis *et al.*, 2008; Urbina and Glover, 2016), serta preferensi ikan amfidromus gobi untuk air payau (Oto *et al.*, 2017; Oto, 2020) memberikan petunjuk bahwa perairan payau memiliki karakteristik yang membuat ikan lebih memilih untuk mendiami perairan tersebut. Urbina and Glover (2016) melaporkan bahwa plasma osmolality, energy expenditure, ekskresi amoniak dan tingkat metabolisme dari ikan amfidromus inanga (*Galaxias maculatus*) tidak berbeda nyata ketika ikan dipaparkan pada salinitas 0, 5, 10 dan 20 ppt. Nilai terbaik dari parameter-parameter fisiologis tersebut ditunjukkan oleh ikan yang dipaparkan pada salinitas 20 ppt, sehingga ikan amfidromus inanga akan memiliki preferensi dan akan bertumbuh dengan baik pada air payau.

Ikan teleostei memiliki internal osmolalitas (274-297 mM/kg air) sekitar seperempat sampai sepertiga dari

osmolalitas air laut (Evans 1993; Edwards and Marshall, 2013) dan nilai tersebut setara dengan osmolalitas dari air payau. Dengan demikian ketika ikan teleostei berada di perairan payau maka osmolalitas lingkungan perairan mendekati titik isosmotik dengan cairan tubuhnya. Pada kondisi seperti ini, biaya energetik untuk osmoregulasi menjadi minimal, karena osmolalitas gradien antara plasma darah dan lingkungan sangat kecil, dan penghematan energy ini dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pertumbuhan (Urbina and Glover, 2016). Perairan estuari dimanfaatkan sebagai tempat pemijahan, nurseri, sebagai tempat perlindungan dari predator, sebagai tempat mencari makan atau sebagai habitat tetap dari banyak spesies ikan, akan tetapi ikan-ikan tersebut juga mengambil keuntungan bioenergetic pada perairan payau. Fakta ini dapat menjadi acuan untuk melakukan kultur berbagai jenis ikan, termasuk ikan gobi, pada salinitas intermediate.

## PENUTUP

Amfidromus merupakan salah satu bentuk yang paling umum dari migrasi diadromous pada organisme akuatik. Salah satu kelompok ikan yang anggotanya banyak bersifat amfidromus adalah ikan gobi. Dalam proses migrasi amfidromusnya, ikan gobi harus beradaptasi pada medium hidup tanpa kadar garam (0 ppt) di perairan tawar ke medium hidup berkadar-garam tinggi (30 ppt) di perairan laut atau sebaliknya. Untuk dapat melakukan migrasi tersebut, ikan gobi harus mempersiapkan fungsi-fungsi fisiologisnya sehingga langsung dapat beradaptasi dengan baik pada lingkungan barunya yang

memiliki tekanan osmotik yang sangat berbeda dengan lingkungan sebelumnya.

Larva ikan gobi yang ditetaskan di sungai-sungai perairan tawar, harus melakukan migrasi pasifnya ke perairan laut dalam beberapa jam. Jika tidak mencapai perairan laut, larva akan gagal bermetamorfosis dan pada akhirnya akan mati. Setelah beberapa bulan larva ikan gobi mendiami perairan laut dengan mengalami beberapa tahapan perkembangan tubuhnya, akan tiba saat dimana larva gobi akan terpicu melakukan migrasi amfidromusnya kembali ke perairan tawar. Motivasi untuk melakukan migrasi dari laut ke perairan tawar berhubungan dengan perubahan sistim endokrin, yang memiliki peran yang esensial dalam mengontrol keseimbangan osmotik tubuh ikan yang melakukan migrasi dari perairan laut ke perairan tawar atau sebaliknya.

Gerombolan ikan gobi yang sedang dalam proses migrasi amfidromusnya dari laut untuk memasuki muara sungai air tawar telah mengalami semua proses persiapan fungsi-fungsi fisiologisnya serta perubahan sistim osmoregulasi tubuhnya dengan sempurna untuk mengantisipasi gradien osmolalitas lingkungannya yang berubah drastis. Selain itu proses metamorfosisnya juga berlangsung ketika post-larva ikan gobi sedang melakukan migrasi amfidromusnya dari laut ke perairan tawar, dimana metamorfosis terjadi pada seluruh organ tubuh eksternal dan internal, termasuk sirip, cranium, sistim pencernaan dan sistim osmoregulasi.

Sejumlah species ikan gobi, termasuk *S. lagocephalus*, merupakan ikan osmoregulator yang unggul karena

kecepatan untuk beradaptasi pada lingkungan dengan gradien osmolality yang ekstrim sehingga tidak ada pengaruh negatif pada pertumbuhan jaringan tubuhnya. Kondisi ini memberikan gambaran bahwa biaya energetik untuk penyesuaian gradien osmolalitas melalui proses osmoregulasi pada ikan gobi sangat kecil. Sebagian besar species gobi juga merupakan ikan amfidromus sejati, meskipun dalam pertumbuhan menjadi dewasa sejumlah penelitian menunjukkan adanya preferensi air payau sebagai tempat hidupnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Augspurger JM. 2017. Early life history of a landlocked amphidromous fish: migration, critical traits and ontogeny. Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy in Zoology At the University of Otago Dunedin, New Zealand.
- Augspurger JM, Warburton M, Closs GP. 2016. Life-history plasticity in amphidromous and catadromous fishes: a continuum of strategies. *Rev. Fish Biol. Fisheries*. Springer International Publishing. Switzerland. 16 pgs.
- Bell KNI. 1999. An overview of gobi-fry fisheries. *Naga, The ICLARM Quarterly* 22(4): 30-36.
- Darwis M, Shaleh SRM, Senoo S. 2008. Effects of different salinity levels on growth and survival of Marble Gobi, *Oxyeleotris Marmoratus* juvenile. *Aquaculture Sci*. 56(3): 433-439.
- Edwards SL, Marshall W. 2013. Principles and Patterns of Osmoregulation and Euryhalinity in Fishes. *Euryhaline Fishes: Volume 32* Copyright R. Elsevier Inc. Fish Physiology. Doi: [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/B978-0-12-396951-4.00001-3](http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-396951-4.00001-3)
- Egan EMC, Hickford MJH, Schiel DR. 2019. Understanding the life histories of amphidromous fish by integrating otolith-derived growth reconstructions, post-larval migrations and reproductive traits. *Aquatic Conserv:MarFreshw Ecosyst*. 2019;1–12. <https://doi.org/10.1002/aqc.3145>.
- Ellien C, Werner U, Keith P. 2016. Morphological changes during the transition from freshwater to sea water in an amphidromous Gobi, *Sicyopterus lagocephalus* (Pallas 1770) (Teleostei). *Ecology of Freshwater Fish* 25: 48–59.
- Evans DH. 1993. Osmotic and ionic regulation. In: *The Physiology of Fishes*. Ed. D.H. Evans. CRC. Press. Boca Raton. pp. 315-341.
- Hoareau TB, Finiger RL, Grondin HP, Conand C, Berrebi P. 2007. Oceanic larval life of La Réunion ‘bichiques’, amphidromous gobiid post-larvae. *Mar Ecol Prog Ser* 333: 303–308.
- Jarvis MG, Closs, GP. 2015. Larval drift of amphidromous *Gobiomorphus* spp. in a New Zealand coastal stream: a critical spatial and temporal window for protection. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 49(4): 439–447.

- <http://dx.doi.org/10.1080/00288330.2015.1072569>.
- Keith P. 2003. Biology and ecology of amphidromous Gobiidae of the Indo-Pacific and the Caribbean regions. Review Paper. *Journal of Fish Biology* 63: 831-847.
- Keith P, Hoareau TB, Lord C, Ah-Yane O, Gimonneau G, Robinet T, Valade P. 2008. Characterisation of post-larval to juvenile stages, metamorphosis and recruitment of an amphidromous gobi, *Sicyopterus lagocephalus* (Pallas) (Teleostei: Gobiidae: Sicydiinae). *Marine and Freshwater Research* 59: 876–889.
- Keith P. 2009. Early life history and description of larval stages of an amphidromous gobi, *Sicyopterus lagocephalus* (Gobioidei: Sicydiinae). *Cybiurn: International Journal of Ichthyology* 33(4): 309-319.
- Kultz D. 2013. Osmosensing. In: *Euryhaline Fishes: Volume 32* Copyright R 2013 Elsevier Inc. All Rights Reserved. *Fish Physiology* Doi: [Http://Dx.Doi.Org /10.1016/B978-0-12-396951-4.00003-7](http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-396951-4.00003-7)
- Lord C, Brun C, Hautecoeur M, Keith P. 2010. Insights on endemism: comparison of the duration of the marine larval phase estimated by otolith microstructural analysis of three amphidromous *Sicyopterus* species (Gobioidei: Sicydiinae) from Vanuatu and New Caledonia. *Ecology of Freshwater Fish* 2010: 19: 26–38. \_ 2009 John Wiley & Sons A/ S.
- Marshall WS. 2013. Osmoregulation in Estuarine and Intertidal Fishes. In: *Euryhaline Fishes: Volume 32* Copyright R 2013 Elsevier Inc. All Rights Reserved. *Fish Physiology* Doi: [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/B978-0-12-396951-4.00003-7](http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-396951-4.00003-7)
- McDowall RM. 1997. The evolution of diadromy in fishes (revisited) and its place in phylogenetic analysis. *Rev Fish Biol Fish* 7:443–462.
- McDowall RM. 2007. On amphidromy, a distinct form of diadromy in aquatic organisms. *Fish and Fisheries*, 8: 1–13.
- Milton DA. 2009. Living in two worlds: diadromous fishes, and factors affecting population connectivity between tropical rivers and coasts. In: Nagelkerken I. (ed.), *Ecological Connectivity among Tropical Coastal Ecosystems*, C Springer Science+Business Media pp. 325-355.
- Oto Y. 2020. Preference for saline water of an amphidromous gobi maintained during migration to upstream freshwater areas. *J Fish Biol.* 2020: 1–10. <https://doi.org/10.1111/jfb.14351>
- Oto Y, Nakamura M, Murakami H, Masuda R. 2017. Inconsistency between salinity preference and habitat salinity in euryhaline gobiid fishes in the Isazu River, northern Kyoto Prefecture. *Japan Ethological Society and Springer Japan.* DOI 10.1007/s10164-017-0510-3.

- Ruber L, Agorreta A. 2011. Molecular systematics of Gobioid fishes. In: The Biology of Gobies, Patzner RA, Tassel VJL, Kovacic M, Kapoor BG (Eds.). Science Publisher, CRC Press, St. Helier, Jersey, British Channel Islands. pp. 24-50.
- Salindeho IRN. 2021. Biodiversitas ikan amfidromus Gobiidae di perairan Indonesia. E-Journal Budidaya Perairan 9(2): 34-40.
- Shrimpton JM. 2013. Seawater to Freshwater Transitions in Diadromous Fishes In 'Euryhaline Fishes': Volume 32 Copyright R 2013 Elsevier Inc. All Rights Reserved. Fish Physiology  
Doi: [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/B978-0-12-396951-4.00003-7](http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-396951-4.00003-7)
- Takei Y, McCormick SD. 2013. Hormonal Control Of Fish Euryhalinity In 'Euryhaline Fishes': Volume 32 Copyright R 2013 Elsevier Inc. All Rights Reserved. Fish Physiology  
Doi: [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/B978-0-12-396951-4.00003-7](http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-396951-4.00003-7)
- Teichert N, Valade P, Fostier A, Lagarde R, Gaudin P. 2013. Reproductive biology of an amphidromous gobi, *Sicyopterus lagocephalus*, in La Réunion Island. Article in *Hydrobiologia* March 2013. Springer  
<http://dx.doi.org/10.1007/s10750-013-1756-6>.
- Urbina MA, Glover CN. 2015. Effect of salinity on osmoregulation, metabolism and nitrogen excretion in the amphidromous fish, inanga (*Galaxias maculatus*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 473:7–15.
- Valade P, Lord C, Grondin H, Bosc P, Taillebois L, Iida M, Tsukamoto K, Keith P. 2009. Early life history and description of larval stages of an amphidromous gobi, *Sicyopterus lagocephalus* (Gobioidei: Sicydiinae). *Cybiurn: International Journal of Ichthyology* 33(4): 309-319.
- Vedra SA, Ocampo PP. 2014. The fishery potential of freshwater gobies in Mandulog River, Northern Mindanao, Philippines. *Asian Journal of Agriculture and Development* 11(1): 95-103.
- Watanabe S, Iida M, Hagihara S, Endo H, Matsuura K, Tsukamoto K. 2011. First collection of amphidromous goby post-larvae of *Sicyopterus japonicus* in the ocean off Shikoku, Japan. *Cybiurn* 35(4): 371-379.