

# Perbandingan Secara Anatomi Insang Ikan Keureling (*Tor tambroides*), Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) dan Ikan Nila, (*Oreochromis niloticus*)

(ANATOMICAL COMPARISON OF GILLS OF THAI MAHSEER'S (*TOR TAMBROIDES*), CARP (*CYPRINUS CARPIO*) AND TILAPIA, (*OREOCHROMIS NILOTICUS*))

Ernita<sup>1</sup>, Munawir<sup>1</sup>, Resti Faumi<sup>1</sup>,  
Yusrizal Akmal<sup>2\*</sup>, Muliari<sup>2</sup>, Ilham Zulfahmi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa PKM-Penelitian Eksakta  
Program Studi Aquakultur.

<sup>2</sup>Program Studi Aquakultur, Fakultas Pertanian,  
Universitas Almuslim, Jalan Almuslim, Matang Glumpang Dua,  
Peusangan, Kabupaten Bireuen, Aceh, Indonesia 24261  
Telp (0644) 41384. Email: drh.yusrizal.akmal.msi@gmail.com

<sup>3</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi,  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry,  
Kota Pelajar dan Mahasiswa, Darussalam,  
Banda Aceh, Indonesia 23111

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perbedaan anatomi insang ikan keureling (*Tor tambroides*), ikan mas (*Cyprinus carpio*) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Tahapan penelitian ini meliputi persiapan ikan uji, preparasi anatomi insang, dokumentasi, identifikasi dan analisis. Jumlah sampel yang digunakan untuk masing masing jenis ikan adalah sebanyak lima ekor dengan kisaran bobot antara 500-1000 g dan kisaran panjang antara 28 sampai 40 cm. Pengamatan dilakukan secara morfologi dan morfometrik. Data morfometrik pada bagian *arcus branchialis* yang diamati meliputi rasio panjang *arcus branchialis* dengan panjang total, pada bagian *filamen branchialis* meliputi rata-rata jumlah *filamen branchialis* per *arcus branchialis*, rata-rata kerapatan *filamen branchialis* (filamen/cm), dan rasio panjang *filamen branchialis* dengan panjang *arcus branchialis*, sedangkan pada bagian *branchiospinalis* meliputi rata-rata jumlah *branchiospinalis* per *arcus branchialis* dan kerapatan *branchiospinalis*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara morfologi, perbedaan anatomi insang ikan keureling, ikan mas dan ikan nila terletak pada bentuk *membran branchiostegal* dan *branchiospinalis*. Perbedaan morfometrik antar ketiga jenis ikan terlihat pada berat insang relatif, rasio panjang *arcus branchialis*, rata-rata kerapatan *branchiospinalis*, rata-rata jumlah *filamen branchialis*, rata-rata kerapatan *filamen branchialis* dan rata-rata jumlah *branchiospinalis*. Ikan mas memiliki nilai berat insang relatif yang lebih besar dibandingkan dengan ikan nila dan ikan keureling yaitu masing masing sebesar  $3,73 \pm 0,43\%$ ,  $2,82 \pm 0,64\%$  dan  $1,92 \pm 0,55\%$ . Ikan nila memiliki bentuk dan ukuran insang yang lebih berkembang dalam mendukung kinerja sistem respirasi dibandingkan ikan mas dan ikan keureling.

Kata-kata kunci: *arcus branchialis*; *filamen branchialis*; *branchiospinalis*; *membran branchiostegal*

## ABSTRACT

This study aims to describe the anatomical differences in the gills of the thai mahseer's (*Tor tambroides*), carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*). The stages of this study include the preparation of test fish, preparation of gill, documentation, identification, and analysis. This study used five fish for each type of fish with total weight ranged from 500-1000 g and length 28 to 40 cm. Analysis of each gill section was carried out morphology and morphometric. Morphometric data on the *arcus branchialis* section observed included the ratio of branchial arcus length to total length, on the part of the branchial filament

including the average number of branchialis filaments per branchial arcus, density of branchialis filaments (filaments/cm), and length ratio of branchial filaments with the length of the branchial arcus, while in the branchiospinal part includes the average number of branchiospinalis per branchialis arcus and density of branchiospinalis. Result showed that morphologically, the anatomical differences in keureling gills, carp and tilapia are located in the form of branchiostegal and branchiospinalis membranes. Anatomical differences were seen in relative gill weight, branchial arcus length ratio, branchiospinal density, average number of branchial filaments, average density of branchialis filaments and average number of branchiospinalis. Carp have higher relative weight values of gills compared to tilapia and keureling fish which are  $3.73 \pm 0.43\%$ ,  $2.82 \pm 0.64\%$  and  $1.92 \pm 0.55\%$ , respectively. Tilapia has the shape and size of gills that are more developed in supporting the performance of the respiratory system than carp and keureling fish.

Keywords: arcus branchial; branchialis filaments; branchiospinalis; branchiostegal membrane.

## PENDAHULUAN

Insang merupakan organ utama respirasi yang berperan penting dalam proses osmoregulasi, keseimbangan ion dan sekresi nitrogen (Moyle dan Cech, 1996). Windarti dan Simarmata (2015) menambahkan bahwa insang juga merupakan organ yang terpapar langsung dengan lingkungan sehingga berpotensi digunakan sebagai bioindikator pencemaran lingkungan. Insang ikan terdiri dari tiga bagian utama yaitu *arcus branchialis* (arcus insang), *filamen branchialis* (filamen insang) dan *branchiospinalis* (raker insang; tapis insang) (Van den Berg *et al.*, 1994). Umumnya ikan memiliki empat pasang *arcus branchialis*, walaupun demikian terdapat beberapa jenis ikan dengan jumlah *arcus branchialis* yang lebih sedikit atau lebih banyak, contohnya ikan *Lagocephalus sceleratus* memiliki tiga pasang dan ikan *Solea senegalensis* memiliki lima pasang (Arellano *et al.*, 2004; Abumandour dan Gewaily, 2016).

Variasi bentuk anatomi insang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya perbedaan karakteristik habitat dan perilaku makan (Farrell, 2011). Ikan yang hidup pada salinitas tinggi seperti *Gillichthys mirabilis*, umumnya memiliki sel-sel klorida (sel epitel kecil) untuk mengontrol kadar natrium dan membran operkular yang lebih berkembang dibandingkan dengan ikan yang hidup pada salinitas rendah (McCormick, 1995; Uchida *et al.*, 2000). Ikan yang hidup pada perairan dengan kandungan oksigen terlarut tinggi memiliki jumlah dan luas permukaan lamella sekunder yang lebih tinggi dibandingkan ikan yang hidup pada perairan dengan kandungan oksigen terlarut yang rendah (Saroglia *et al.*, 2002).

Perilaku dan komposisi makan juga ikut memengaruhi morfologi insang ikan terutama

*filamen branchialis* dan *branchiospinalis* (Kumari *et al.*, 2009). *Filamen branchialis* dan *branchiospinalis* berperan penting dalam menyaring dan mengontrol ukuran partikel pakan yang masuk ke dalam farings. Ikan yang mencari pakan dengan teknik penyaringan (*filtering*) seperti *Dorosoma cepedianum* dilaporkan memiliki ukuran *branchiospinalis* yang lebih panjang dibandingkan ikan yang bersifat karnivora seperti *Pomadasys maculatus* (Mummert dan Drenner, 1986; Salman *et al.*, 2005).

Ikan keureling (*Tor tambroides*), ikan mas (*Cyprinus carpio*) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan jenis ikan yang sering dijumpai dan diteliti di Indonesia (Arifin *et al.*, 2015; Hadiaty, 2017). Walaupun demikian, mayoritas kajian-kajian yang dilakukan terhadap ketiga jenis ikan tersebut di Indonesia masih pada upaya domestikasi (Haryono, 2006; Nugroho *et al.*, 2012; Zuraidah *et al.*, 2018; Subagja & Radona, 2018), peningkatan produksi (Sulawesty *et al.*, 2014; Mulyani dan Fitriani, 2015; Kurnia *et al.*, 2016; Nissa *et al.*, 2016; Sutarjo dan Samsundari, 2018) dan ekotoksikologi (Zulfahmi *et al.*, 2014; Zulfahmi *et al.*, 2015; Zulfahmi *et al.*, 2017a; Zulfahmi *et al.*, 2017b; Leuwol *et al.*, 2018; Muliari *et al.*, 2018; Zulfahmi *et al.*, 2018a), sedangkan kajian pada bidang anatomi masih belum banyak dilaporkan. Hasil penelitian bidang anatomi terhadap ketiga spesies ikan tersebut di Indonesia dalam sepuluh tahun terakhir di antaranya hanya meliputi kajian osteologi (Akmal *et al.*, 2018a; Akmal *et al.*, 2018b; Zulfahmi *et al.*, 2018b; Akmal *et al.*, 2020) dan anatomi sistem digesti (Haraningtias *et al.*, 2018).

Terdapat perbedaan karakteristik habitat dan perilaku makan antara ikan keureling, ikan mas dan ikan nila. Ikan keureling dilaporkan hidup pada perairan dengan karakteristik sedimen berupa pasir dan kerikil, tingkat keke-

ruhan rendah disertai dengan kecepatan arus rendah hingga tinggi (Haryono dan Subagja, 2008). Di sisi yang lain, ikan mas cenderung hidup pada perairan dangkal dengan aliran yang tidak terlalu deras (Esmiralda, 2010). Menurut Rudyanti dan Dana (2009), ikan mas juga memiliki kemampuan untuk menyesuaikan diri dengan fluktuasi kandungan oksigen terlarut dan adaptif terhadap perubahan lingkungan. Ikan nila mampu hidup pada kisaran salinitas yang luas dan kisaran oksigen yang terlarut rendah (Royan *et al.*, 2014).

Ditinjau dari komposisi pakan, jenis pakan utama ikan keureling adalah cacing dan *algae* air tawar (Muchlisin *et al.*, 2015), jenis pakan utama ikan mas adalah *detritus*, *algae* air tawar dan amphipoda (García-Berthou, 2001), sedangkan ikan nila termasuk golongan herbivora dengan jenis makanan utama alga air tawar dan fitoplankton (Njiru *et al.*, 2004). Perbedaan karakteristik habitat dan perilaku makan antar ketiga jenis ikan tersebut diduga memiliki kaitan erat dengan variasi bentuk beberapa organ anatomi termasuk insang. Sejauh ini kajian komparatif anatomi organ insang antara ikan keureling, ikan mas dan ikan nila masih belum diungkap. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perbedaan anatomi insang ikan keureling (*T. tambroides*), ikan mas (*C. carpio*) dan ikan nila (*O. niloticus*).

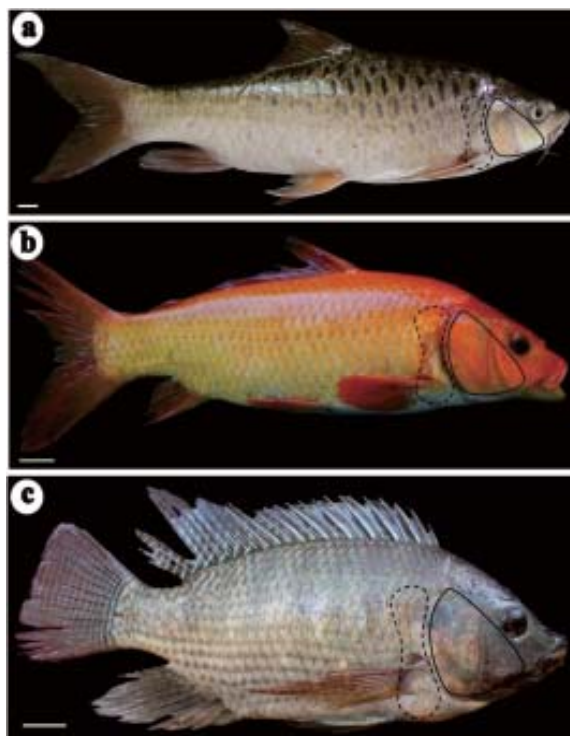
## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Terpadu Budidaya Perairan, Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Almuslim. Tahapan penelitian meliputi persiapan ikan uji, preparasi anatomi insang, dokumentasi, identifikasi dan analisis. Ikan keureling dikoleksi dari Sungai Tangse, Kabupaten Pidie, Aceh, ikan mas dikoleksi dari kolam budidaya Karya Tani, Kabupaten Aceh Utara, sedangkan ikan nila dikoleksi dari kolam budidaya Puspa Gading, Kabupaten Bireuen. Jumlah sampel yang digunakan untuk masing masing jenis ikan adalah sebanyak lima ekor. Sampel ikan yang dikoleksi memiliki kisaran bobot antara 500 g sampai 1000 g dengan kisaran panjang total antara 28 sampai 40 cm.

Pembedahan insang dilakukan setelah ikan-ikan dikorbankan nyawanya melalui letal anestesi (*overdose anesthesia*) menggunakan minyak cengkeh. Pembedahan dilakukan dengan menggantung secara melintang bagian

persendian antara *os operculum* dan *os hyomandibularis* sampai *os supraoperculum* (Gambar 1). Insang yang telah terlihat jelas, didokumentasikan menggunakan kamera digital (Canon EOS 400D, Japan) untuk selanjutnya dilakukan pengamatan yang meliputi letak dan bentuk bagian insang yaitu *membran branchiostegal*, *arcus branchialis*, *filamen branchialis* dan *branchiospinalis*. Selanjutnya, insang ikan diangkat dan diukur berat relatifnya menggunakan persamaan Kazlauskiene dan Vosyliene (2008) sebagai berikut:  $BIR (\%) = \{ [B_i (g)] \times [B_t (g)]^{-1} \} \times 100\%$ , dalam hal ini BIR: berat insang relatif (%),  $B_i$ : berat insang (g), dan  $B_t$ : berat total ikan (g).

Analisis setiap bagian insang dilakukan secara morfologi dan morfometrik. Insang dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu *arcus branchialis*, *filamen branchialis* dan *branchiospinalis*. Data morfometrik pada bagian *arcus branchialis* yang diamati meliputi rasio panjang *arcus branchialis* dengan panjang total, pada bagian *filamen branchialis* meliputi rata-



Gambar 1. Posisi insang terletak di bawah *apparatus operculum* (garis menyatu) sedangkan jantung yang terletak dibawah *pinna pectoralis* (garis putus-putus). Ikan keureling (*Tor tambroides*) (a), ikan mas (*Cyprinus carpio*) (b) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) (c). Skala bar: 2 cm.

rata jumlah *filamen branchialis* per *arcus branchialis*, rata-rata kerapatan *filamen branchialis* (filamen/cm), dan rasio panjang *filamen branchialis* dengan panjang *arcus branchialis*, sedangkan pada bagian *branchiospinalis* meliputi rata-rata jumlah *branchiospinalis* per *arcus branchialis* dan kerapatan *branchiospinalis*.

### Analisis Data

Secara morfologi, analisis data dilakukan dengan membandingkan kesamaan dan perbedaan bentuk morfologi dari setiap bagian penyusun insang pada ketiga jenis ikan yang diteliti. Sementara itu, analisis data morfometrik untuk setiap parameter uji dilakukan dengan menggunakan uji sidik ragam satu arah. Kriteria berbeda nyata yang digunakan adalah pada tingkat kepercayaan 95% ( $p < 0,05$ ). Analisis statistika dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SPSS 22.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Ikan keureling, ikan mas dan ikan nila memiliki insang yang terletak di bagian medial dari *apparatus operculum*. Insang terbagi menjadi dua sisi yang simetris yaitu sisi kanan (*dexter*) dan sisi kiri (*sinister*) serta memiliki warna merah kekuningan. Ketiga jenis ikan yang diteliti memiliki jumlah *arcus branchialis* dan *filamen branchialis* yang sama yaitu masing masing sebanyak empat pasang

dan delapan pasang. Walaupun demikian, ikan keureling dan ikan mas memiliki jumlah *branchiospinalis* (Gambar 3a, 4a dan 5a) yang lebih banyak (sembilang pasang) dibandingkan ikan nila (delapan pasang). Ikan mas memiliki nilai berat insang relatif yang lebih besar dibandingkan dengan ikan nila dan ikan keureling yaitu masing masing sebesar  $3,73 \pm 0,43\%$ ,  $2,82 \pm 0,64\%$  dan  $1,92 \pm 0,55\%$ . Hasil analisis statistika menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara berat insang relatif ikan mas dan ikan keureling ( $p < 0,05$ ) (Tabel 1).

### Membran Branchiostegal

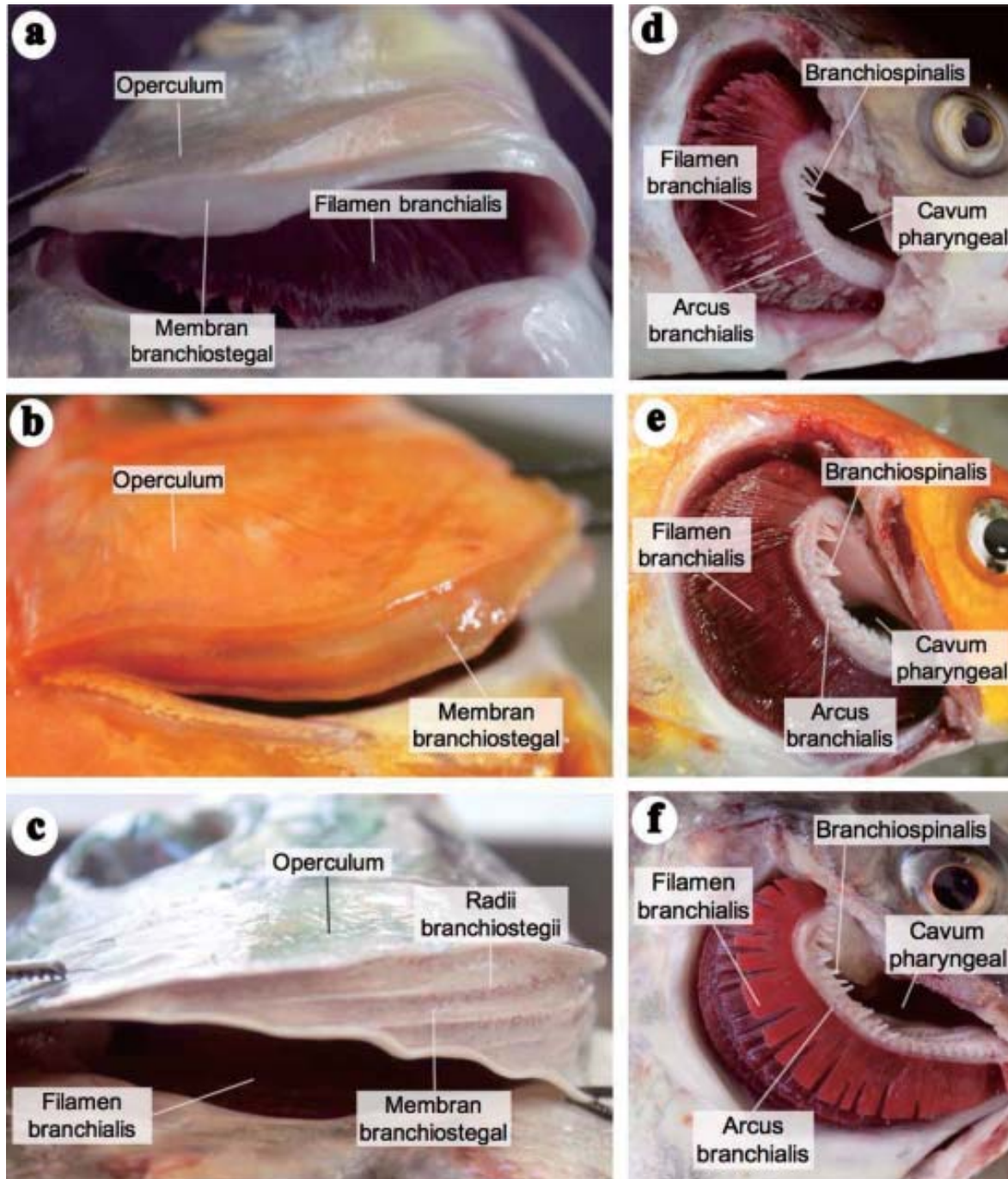
*Membran branchiostegal* terletak pada sisi ventral dari *os interoperculare* dan *os suoperculare*. Ikan keureling dan ikan nila memiliki *membran branchiostegal* berwarna putih kecoklatan, sedangkan ikan mas berwarna kuning keemasan. Ukuran *membran branchiostegal* ikan mas dan ikan nila lebih besar dibandingkan ikan keureling. *Ossa radii branchiostegii* pada ikan nila juga terlihat lebih berkembang dibandingkan pada ikan keureling dan ikan mas (Gambar 2).

### Arcus Branchialis (arcus insang)

*Arcus branchialis* terletak di dalam ruang insang. Setiap arcus memiliki dua lengkungan menyerupai bulan sabit. Lengkungan yang mengarah ke arah ventral melekat pada *ossa ceratobranchialia* sedangkan yang mengarah ke arah dorsal melekat pada *ossa epibranchialia*. *Arcus branchialis* bagian ventral umumnya

Tabel 1. Morfometrik dan rasio insang dan jantung dari tiga spesies ikan air tawar

Parameter	Ikan keureling ( <i>Tor tambroides</i> )	Ikan mas ( <i>Cyprinus carpio</i> )	Ikan nila ( <i>Oreochromis niloticus</i> )
Berat Insang Relatif (%)	$1,92 \pm 0,55^a$	$3,73 \pm 0,43^b$	$2,82 \pm 0,64^{ab}$
Rasio panjang <i>arcus branchialis</i> dengan panjang total (%)	$8,13 \pm 0,16^a$	$11,95 \pm 0,77^b$	$13,53 \pm 1,58^b$
Rasio panjang filamen <i>branchialis</i> dengan panjang <i>arcus branchialis</i> (%)	$24,76 \pm 0,27^a$	$23,46 \pm 1,84^a$	$21,60 \pm 2,56^a$
Rata-rata jumlah <i>filamen branchialis</i> per <i>arcus branchialis</i>	$133,04 \pm 6,74^a$	$216,29 \pm 0,50^b$	$284,00 \pm 7,44^c$
Rata-rata kerapatan <i>filamen branchialis</i> (filamen/cm)	$57,30 \pm 3,54^{ab}$	$44,94 \pm 2,72^b$	$67,42 \pm 10,74^a$
Rata-rata jumlah <i>branchiospinalis</i> per <i>arcus branchialis</i>	$43,20 \pm 4,46^a$	$45,79 \pm 2,37^a$	$53,00 \pm 2,83^b$
Rata-rata kerapatan <i>branchiospinalis</i> (giri/cm)	$18,75 \pm 3,23^a$	$9,95 \pm 0,96^b$	$12,65 \pm 1,38^b$



Gambar 2. Morfologi dan posisi *in situ* dari insang ikan keureling (*Tor tambroides*): a, dan d. Ikan mas (*Cyprinus carpio*): b dan e. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*): c dan f.

memiliki ukuran yang lebih panjang dibandingkan bagian dorsal (Gambar 3c, 4c dan 5c). Secara umum, ikan keureling, ikan mas dan ikan nila memiliki bentuk *arcus branchialis* yang relatif sama.

Nilai rasio panjang *arcus branchialis* tertinggi terdapat pada ikan nila sedangkan nilai terendah terdapat pada ikan keureling

yaitu masing masing sebesar  $13,53 \pm 1,58\%$  dan  $8,13 \pm 0,16\%$ . Hasil analisis statistika menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai rasio panjang *arcus branchialis* pada ikan nila dan ikan mas ( $p > 0,05$ ). Sebaliknya nilai rasio panjang *arcus branchialis* ikan keureling menunjukkan perbedaan yang signifikan apabila dibandingkan

dengan ikan nila dan ikan mas ( $p < 0,05$ ) (Tabel 1). *Pharyngobranchialis* ikan keureling dan ikan mas cenderung memiliki bentuk yang relatif sama, sedangkan pada ikan nila, daerah aboral dari *pharyngobranchialis* terlihat tidak memiliki *raker ceratobranchialis* (Gambar 3a dan b, 4a dan b, serta 5a dan b).

#### **Filamen Branchialis (filamen insang)**

*Filamen branchialis* melekat secara tegak lurus pada bagian posterior dari *arcus branchialis*. Susunan antar *filamen branchialis* ikan keureling dan ikan mas terlihat lebih rapat dan teratur dibandingkan ikan nila (Gambar 2d, 2e dan 2f). Secara umum, bagian median dari *filamen branchialis* memiliki ukuran yang lebih panjang dibandingkan bagian lateral. Hasil analisis statistika menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada rasio panjang *filamen branchialis* dengan panjang *arcus branchialis* pada ketiga jenis ikan yang diteliti ( $p > 0,05$ ). Walaupun demikian terdapat perbedaan yang signifikan pada rata-rata jumlah *filamen branchialis* per *arcus branchialis* antar ketiga spesies tersebut ( $p < 0,05$ ). Nilai rata-rata jumlah *filamen branchialis* per *arcus branchialis* tertinggi terdapat pada ikan nila sedangkan nilai terendah terdapat pada ikan keureling yaitu masing masing sebesar  $284,00 \pm 7,44$  dan  $133,04 \pm 6,74$  *filamen branchialis* per *arcus branchialis* (Tabel 1). Ikan keureling memiliki nilai rata-rata kerapatan *filamen branchialis* yang tidak berbeda secara signifikan dengan ikan nila ( $p > 0,05$ ), akan tetapi lebih tinggi dibandingkan dengan ikan mas ( $p < 0,05$ ). Nilai rata-rata kerapatan *filamen branchialis* ikan keureling, ikan mas dan ikan nila secara berturut turut yaitu  $57,30 \pm 3,54$  filamen/cm,  $44,94 \pm 2,72$  filamen/cm dan  $67,42 \pm 10,74$  filamen/cm.

#### **Branchiospinalis (raker insang)**

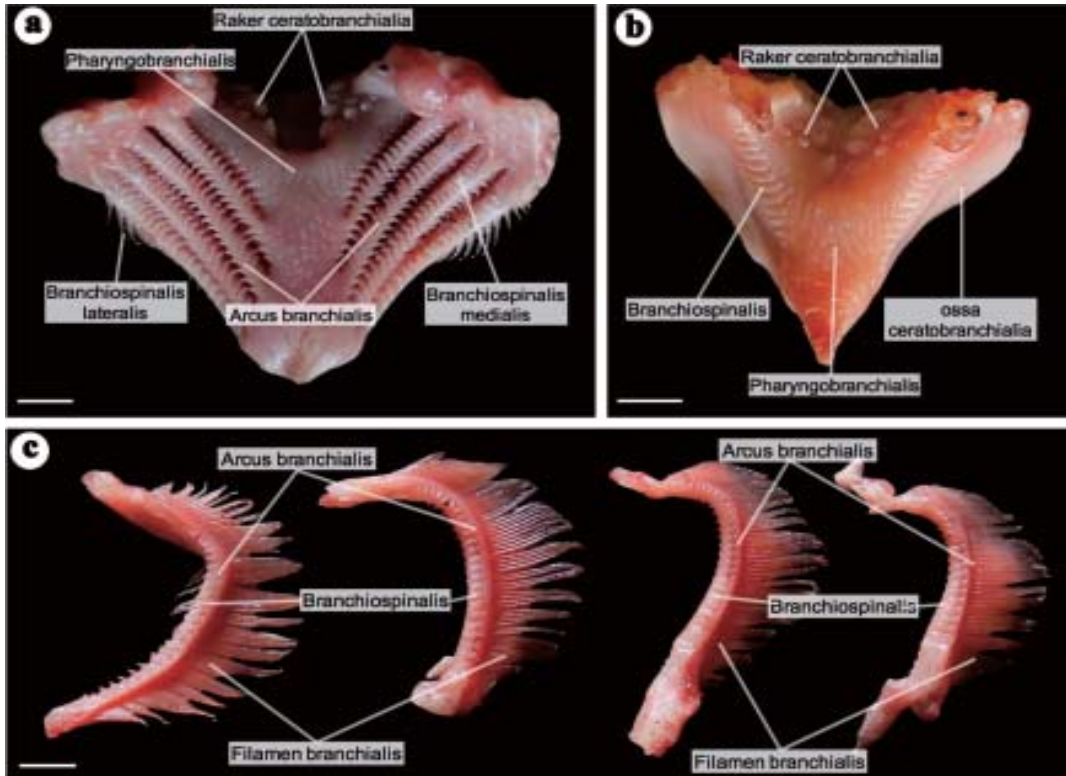
*Branchiospinalis* (raker insang) ikan keureling, mas dan ikan nila terletak pada bagian anterior dari *arcus branchialis* (Gambar 3a dan b, 4a dan b, serta 5a dan b). Pada bagian medial, *branchiospinalis* memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan bagian lateral. Ikan mas dan ikan keureling memiliki bentuk *branchiospinalis* yang meruncing sedangkan ikan nila *branchiospinalis* cenderung memiliki ujung yang lebih tumpul (Gambar 5c). *Branchiospinalis* pada bagian *pharyngobranchialis* ikan nila tidak berkembang, sedangkan pada ikan mas dan ikan keureling berkembang

dengan baik hanya pada bagian lateralnya saja (Gambar 3b, 4b dan 5b). Hasil analisis statistika menunjukkan bahwa rata-rata jumlah *branchiospinalis* per *arcus branchialis* ikan nila lebih tinggi dibandingkan dengan ikan mas dan ikan keureling ( $p < 0,05$ ). Nilai rata-rata jumlah *branchiospinalis* per *arcus branchialis* ikan keureling, ikan mas dan ikan nila secara berturut turut yaitu  $43,20 \pm 4,46$ ,  $45,79 \pm 2,37$  dan  $53,00 \pm 2,83$ . Sebaliknya, ikan keureling memiliki nilai rata-rata kerapatan *branchiospinalis* yang lebih tinggi dibandingkan dengan ikan nila dan ikan mas ( $p < 0,05$ ) (Tabel 1). Nilai rata-rata kerapatan *branchiospinalis* ikan keureling, ikan mas dan ikan nila secara berturut turut yaitu  $18,75 \pm 3,23$  giri/cm,  $9,95 \pm 0,96$  giri/cm dan  $12,65 \pm 1,38$  giri/cm.

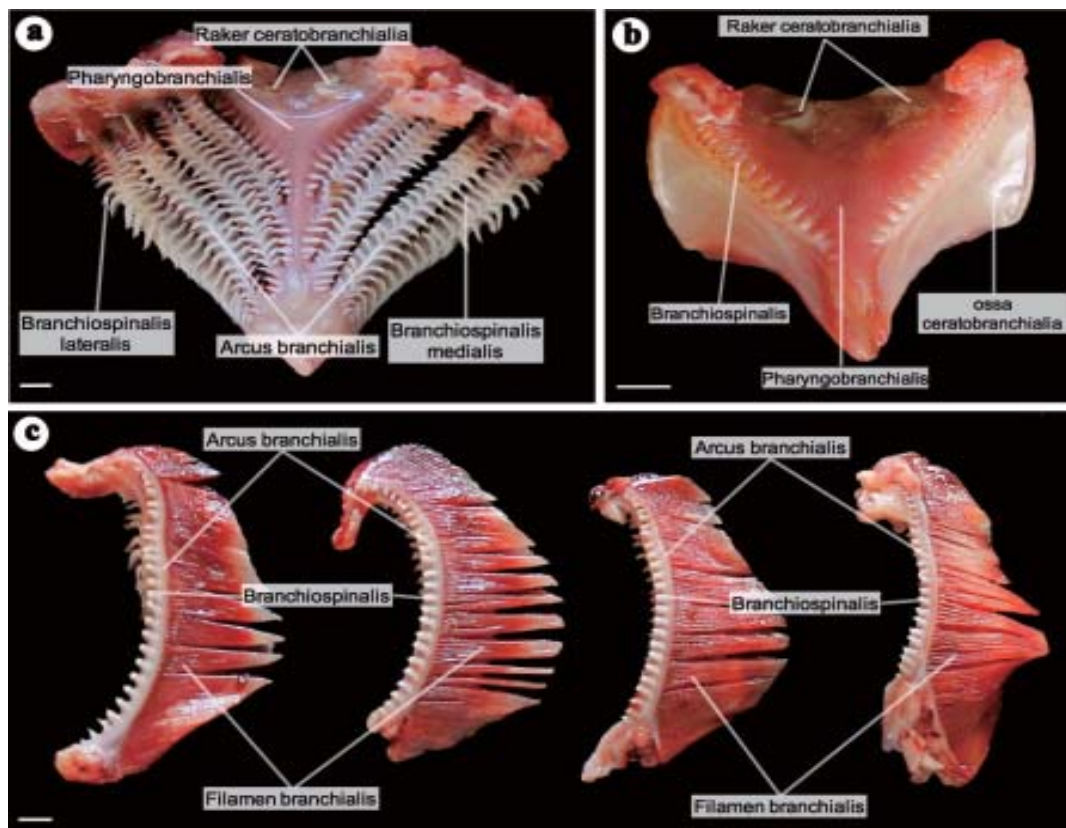
#### **Pembahasan**

Secara umum, insang ikan terletak di bagian medial tulang-tulang penutup insang yang terdiri dari *os preoperculare*, *os interoperculare*, *os suboperculare* dan *os operculare* (Zulfahmi *et al.*, 2019). *Apparatus operculare* merupakan tulang paling besar diantaranya tulang – tulang penyusun wajah lainnya. Tulang ini memiliki struktur tipis dan kokoh, berfungsi sebagai penutup insang (Akmal *et al.*, 2020). Insang memiliki peranan yang penting dalam proses pertukaran oksigen dan karbondioksida, osmoregulasi, keseimbangan ion dan sekresi nitrogen (Moyle dan Cech, 1996). Morfologi insang mulai digunakan sebagai indikator untuk menilai keberhasilan budidaya dan kesehatan ikan (Elahee dan Bhagwant, 2007; Martins *et al.*, 2012; Muliari *et al.*, 2018).

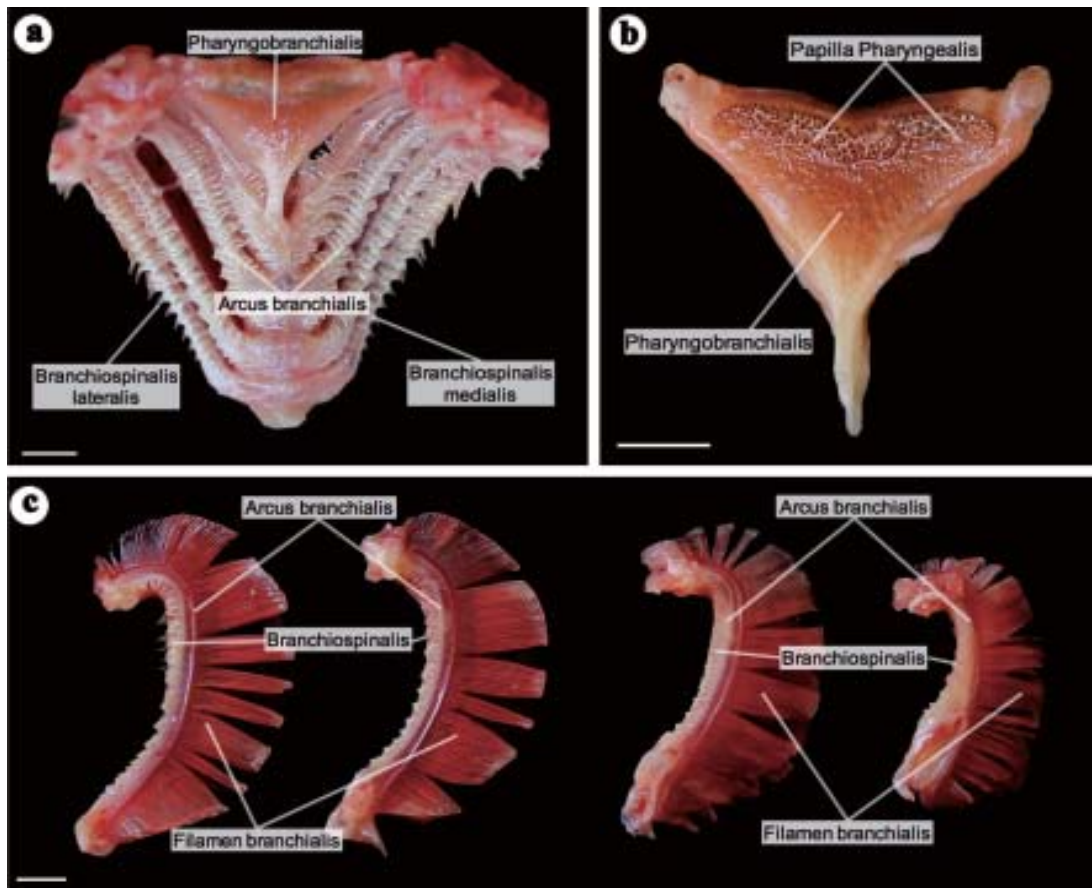
Hasil penelitian menunjukkan bahwa ikan mas memiliki bobot insang relatif yang lebih besar dibandingkan dengan ikan keureling. Hal ini diduga menjadi salah satu faktor yang memengaruhi kemampuan adaptasi terhadap fluktuasi oksigen terlarut di perairan. Berat relatif insang dapat digunakan sebagai indikator awal untuk melihat kemampuan adaptasi sistem pernapasan ikan terhadap lingkungan. Ikan-ikan perenang cepat seperti tuna cakalang (*Katsuwonus pelamis*) dan makarel (*Scomber japonicus*) memiliki proporsi ukuran insang yang lebih besar dengan jarak difusi yang pendek (Farrell, 2011), sedangkan pada ikan yang cenderung menetap dan mendiami perairan berarus lambat seperti ikan *Clarias gariepinus* memiliki proporsi ukuran insang yang lebih kecil dengan ukuran filamen yang pendek (Elsheikh, 2013; Fu *et al.*, 2014).



Gambar 3. Morfologi insang ikan keureling (*Tor tambroides*). Insang tampak dorsal (a), rahang *pharyng* tampak dorsal (b), insang tampak lateral (c). Skala Bar 0,5 cm.



Gambar 4. Morfologi insang ikan mas (*Cyprinus carpio*). Insang tampak dorsal (a), rahang *pharyng* tampak dorsal (b), insang tampak lateral (c). Skala Bar 0,5 cm.



Gambar 5. Morfologi insang Ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Insang tampak dorsal (a), rahang *pharyng* tampak dorsal (b), insang tampak lateral (c). Skala Bar 0,5 cm.

*Membran branchiostegal* atau sering juga disebut sebagai membran insang merupakan selaput tipis yang terletak sejajar dengan *apparatus operculare*. Membran ini memiliki fungsi utama sebagai ventilasi transportasi air dan katup untuk mengontrol aliran air keluar selama bukaan insang (Campbell, 2003). Secara morfologi, *membran branchiostegal* ikan nila dilengkapi dengan *ossa radii branchiostegii* yang lebih berkembang dibandingkan dengan ikan keureling dan ikan mas. Farina *et al.* (2015) mengungkapkan bahwa ikan-ikan dengan *ossa radii branchiostegii* yang lebih berkembang cenderung memiliki daya pompa dan daya hisap air yang lebih kuat, sehingga jumlah air yang melewati insang akan meningkat.

Perbedaan morfologi *membran branchiostegal* juga sering dikaitkan dengan beberapa fungsi adaptasi lain. Sebagai contoh, ikan *Artedius harringtoni* jantan memiliki *membran branchiostegal* berwarna cerah yang bertujuan menarik perhatian lawan jenis (Ragland dan Fischer, 1987). Ikan *Betta splendens* memiliki

kemampuan melebarkan *membran branchiostegal* beserta tulang operculum untuk menghasilkan tampilan antagonistik (Farina *et al.*, 2015; Forsatkar *et al.*, 2017). Pada ikan laut dalam seperti *Argyropelecus hemigymnus* dan *Maurolicus muelleri*, *membran branchiostegal* memiliki kemampuan menghasilkan cahaya untuk menarik perhatian mangsa (Cavallaro *et al.*, 2004).

Ikan keureling, ikan mas dan ikan nila memiliki bentuk dan jumlah *arcus branchialis* yang relatif sama. Walaupun demikian, ikan keureling memiliki nilai rasio panjang *arcus branchialis* dengan panjang total yang lebih rendah dibandingkan dengan ikan nila dan ikan mas. Menurut Olson (2002), *arcus branchialis* merupakan jalur pernapasan (arterierial) dan jalur arteriovenous yang berasal dari pembuluh darah filamen yang berhubungan langsung dengan respirasi dan sirkulasi. Dengan demikian, semakin tinggi rasio *arcus branchialis* akan berdampak pada semakin panjangnya pembuluh darah arteri afferent, sehingga sistem



sirkulasi pada insang menjadi semakin maksimal.

*Arcus branchialis* juga ikut berperan penting membantu sistem pencernaan ikan. Menurut Mistri *et al.* (2016), *arcus branchialis* memiliki struktur bergelombang yang mengandung lendir sehingga dapat memperlancar perjalanan makanan menuju ke farings. Selain itu, *arcus branchialis* juga dilengkapi dengan epitel indera perasa yang berfungsi memilah jenis pakan yang disukai ikan (Zayed dan Mohamed, 2004). Kumari *et al.* (2005), mengungkapkan bahwa ikan-ikan omnivora cenderung memiliki panjang *arcus branchialis* yang lebih pendek dibandingkan dengan ikan herbivora. *Arcus branchialis* yang lebih pendek akan memperluas rongga farings melalui bukaan sudut kelengkungan yang besar antara *os epibranchialia* dan *os ceratobranchialia* sehingga pakan yang berukuran besar menjadi mudah terlewati.

Adanya perbedaan pakan dan perilaku makan antara ikan keureling, ikan mas dan ikan nila diduga menjadi salah satu faktor yang memengaruhi perubahan morfologi *pharyngo-branchialis*. Perbedaan utama antara *pharyngo-branchialis* ikan keureling atau ikan mas dengan ikan nila ditandai dengan adanya *raker ceratobranchialis*. *Raker ceratobranchialis* adalah kumpulan gigi farings yang terletak pada bagian posterior insang yang berhubungan langsung dengan lambung (Akmal *et al.*, 2020). Gidmark *et al.* (2014) menjelaskan bahwa *raker ceratobranchialis* diperlukan oleh ikan yang bersifat karnivora dan omnivora dalam rangka membantu proses pencernaan secara mekanik (menghancurkan dan menghaluskan pakan). Pada ikan herbivora seperti ikan nila, keberadaan *raker ceratobranchialis* digantikan oleh *papila pharyngealis* yang berperan membantu perjalanan makanan dan melindungi epitelium dari cedera mekanik.

*Filamen branchialis* adalah unit fungsional dasar dari jaringan insang yang berkaitan langsung dengan efisiensi pertukaran gas (Evans *et al.*, 2005). Selain itu, pergerakan *filamen branchialis* memainkan peran penting dalam mengurangi terjadinya pengendapan sedimen pada insang dan mencegah penyumbatan kapiler darah (Mistri *et al.*, 2016). Secara makro, bentuk *filamen branchialis* pada ikan keureling dan ikan mas tersusun lebih rapat dan teratur dibandingkan ikan nila.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak

terdapat perbedaan yang signifikan antara rasio panjang filamen *branchialis* dengan panjang *arcus branchialis* pada ketiga jenis ikan yang diteliti. Walaupun demikian ikan nila memiliki nilai rata-rata jumlah *filamen branchialis* per *arcus branchialis* yang lebih tinggi dibandingkan dengan kedua jenis ikan lainnya. Ikan nila juga memiliki nilai rata-rata kerapatan *filamen branchialis* yang lebih tinggi dari ikan mas. Hal ini diduga menjadi salah satu faktor penyebab meningkatnya kemampuan adaptasi ikan nila pada perairan dengan kandungan oksigen terlarut yang fluktuatif. Wilson dan Laurent (2002) menjelaskan bahwa jumlah dan kerapatan filamen berpengaruh terhadap jumlah lamela primer dan sekunder sehingga area permukaan untuk pertukaran gas dan regulasi ion menjadi lebih luas.

*Branchiospinalis* merupakan tulang tulang kecil yang terbentuk dari tulang rawan yang terdiri dari sepasang (lateral dan medial) dan terletak pada bagian anterior dari *arcus branchialis*. Menurut Burleson (2009), kajian terkait peran *branchiospinalis* dalam sistem respirasi ikan masih jarang diinformasikan. Walaupun demikian, *branchiospinalis* berperan penting dalam rangka mengendalikan ukuran partikel pakan yang masuk ke dalam ruang farings. Ikan keureling dan ikan mas cenderung memiliki bentuk *branchiospinalis* yang lebih runcing dibandingkan dengan ikan nila. Kumari *et al.* (2005) mengungkapkan bahwa bentuk *branchiospinalis* yang lebih runcing pada ikan karnivora dan omnivora berfungsi untuk mencegah pakan melarikan diri serta mencegah masuknya makanan besar yang tidak diinginkan ke dalam farings.

Ikan nila memiliki nilai rata-rata jumlah *branchiospinalis* per *arcus branchialis* yang lebih tinggi dibandingkan dua jenis ikan lainnya. Hal ini diduga dipengaruhi oleh perilaku makan ikan nila yang bersifat herbivora dan mengambil makanan melalui teknik penyaringan (*filtering*). Hasil serupa juga dilaporkan terjadi pada beberapa ikan herbivora lainnya seperti *Dorosoma cepedianum* (Salman *et al.*, 2005) dan *Abramis brama* (Hoogenboezem *et al.*, 1991). Ikan keureling memiliki nilai rata-rata kerapatan *branchiospinalis* yang lebih tinggi dibandingkan ikan nila dan ikan mas. Kumari *et al.* (2009) menyatakan bahwa kerapatan *branchiospinalis* dapat dipengaruhi besarnya volume air yang masuk melalui insang. Berdasarkan karakteristik habitat, ikan

keureling cenderung hidup pada perairan berarus yang lebih cepat dibandingkan dengan ikan nila dan ikan mas. Dengan demikian, volume air yang masuk melalui insang menjadi lebih banyak dan cepat sehingga diperlukan *branchiospinalis* yang lebih rapat untuk dapat menyaring pakan yang masuk.

### SIMPULAN

Secara morfologi, perbedaan anatomi insang ikan keureling, ikan mas dan ikan nila terletak pada bentuk *membran branchiostegal* dan *branchiospinalis*. Perbedaan morfometrik terlihat pada berat insang relatif, rasio panjang *arcus branchialis*, rata-rata kerapatan *branchiospinalis*, rata-rata jumlah *filamen branchialis*, rata-rata kerapatan *filamen branchialis* dan rata-rata jumlah *branchiospinalis*. Adanya perbedaan anatomi insang diduga berkaitan erat dengan perbedaan karakteristik habitat dengan perilaku pakan dari ketiga jenis ikan yang diteliti. Ikan nila memiliki bentuk dan ukuran insang yang lebih berkembang dalam mendukung kinerja sistem respirasi dibandingkan ikan mas dan ikan keureling.

### SARAN

Penelitian lanjutan terkait komparasi jaringan insang ikan keureling, ikan mas dan ikan nila menggunakan metode histologi sangat disarankan untuk meningkatkan pemahaman yang lebih baik terkait kajian anatomi antar ketiga jenis ikan tersebut.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, Direktorat Jenderal Pembelajaran dan Kemahasiswaan yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Program Kreativitas Mahasiswa Penelitian Eksakta (PKMPE) Pertanian (Nomor: B/81/B.B3.1/KM.02.01/2019).

### DAFTAR PUSTAKA

- Abumandour MMA, Gewaily MS. 2016. Morphological studies on the gills of Puffer Fish (*Lagocephalus sceleratus*, Gmelin, 1789). *Int J Morphol* 34: 817–829.
- Akmal Y, Zulfahmi I, Rahardjo MF. 2018a. Morphology of appendicular skeleton of the Thai mahseer's *Tor tambroides* (Bleeker, 1854). *Jurnal Iktiologi Indonesia* 18(3): 261-274.
- Akmal Y, Zulfahmi I, Saifuddin F. 2018b. Karakteristik morfometrik dan skeleton ikan keureling (*Tor tambroides* Bleeker 1854). *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika* 2(1): 35-44.
- Akmal Y, Zulfahmi I, Dhamayanti Y, Paujiah, E. 2020. Osteocranium of *Tor tambroides* (Cypriniformes: Cyprinidae) from Tangse River, Aceh, Indonesia. *Biodiversitas* 21(2): 442-450.
- Arellano J, Storch V, Sarasquete C. 2004. Ultrastructural and histochemical study on gills and skin of the Senegal sole, *Solea senegalensis*. *J Appl Ichthyol* 20: 452–460.
- Arifin OZ, Subagja J, Hadie W. 2017. Karakterisasi biometrik tiga populasi ikan semah *Tor douronensis* Valenciennes, 1842) dalam mendukung konservasi sumber daya genetik. *Jurnal Iktiologi Indonesia* 15(2): 143-154.
- Burleson ML. 2009. Sensory innervation of the gills: O<sub>2</sub>-sensitive chemoreceptors and mechanoreceptors. *Acta Histochem* 111(3): 196-206.
- Campbell WB. 2003. Assessing developmental errors in branchiostegal rays as indicators of chronic stress in two species of *Pacific salmon*. *Canadian journal of zoology* 81(11): 1876-1884.
- Cavallaro M, Mammola CL, Verdiglione R. 2004. Structural and ultrastructural comparison of photophores of two species of deep-sea fishes: *Argyropelecus hemigymnus* and *Maurollicus muelleri*. *J Fish Biol* 64: 1552–1567.
- Elahee KB, Bhagwant S. 2007. Hematological and gill histopathological parameters of three tropical fish species from a polluted lagoon on the west coast of *Mauritius*. *Ecotox Environ Safe* 68(3): 361-371.
- Elsheikh EH. 2013. Scanning electron microscopic studies of gill arches and rakers

- in relation to feeding habits of some fresh water fishes. *J Basic Appl Zool* 66(3): 121-130.
- Evans DH, Piermarini PM, Choe KP. 2005. The multifunctional fish gill: dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. *Physiol Rev* 85(1): 97-177.
- Farina SC, Near TJ, Bemis WE. 2015. Evolution of the branchiostegal membrane and restricted gill openings in Actinopterygian fishes. *J Morphol* 276(6): 681-694.
- Farrell AP. 2011. *Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment*. Jamestown Road, London. Academic Press is an imprint of Elsevier. Hlm. 803-811
- Forsatkar MN, Nematollahi MA, Brown C. 2017. Male Siamese fighting fish use gill flaring as the first display towards territorial intruders. *J Ethol* 35(1): 51-59.
- Fu SJ, Fu C, Yan GJ, Cao ZD, Zhang AJ, Pang X. 2014. Interspecific variation in hypoxia tolerance, swimming performance and plasticity in cyprinids that prefer different habitats. *J Exp Biol* 217(4): 590-597.
- García-Berthou E. (2001). Size-and depth-dependent variation in habitat and diet of the common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquat Sci*. 63(4): 466-476.
- Gidmark NJ, Tarrant JC, Brainerd EL. 2014. Convergence in morphology and masticatory function between the pharyngeal jaws of grass carp, *Ctenopharyngodon idella*, and oral jaws of amniote herbivores. *J Exp Biol* 217(11): 1925-1932.
- Hadiaty RK. 2017. Diversitas dan kehilangan jenis ikan di danau-danau aliran Sungai Cisadane [Diversity and the fish species lost at the lakes of Cisadane river basin]. *Jurnal Iktiologi Indonesia* 11(2): 143-157.
- Haraningtias H, Utami S, Primiani CN. 2018. Anatomi dan biometri sistem pencernaan ikan air tawar famili Cyprinidae di Telaga Ngebel Ponorogo. In *Prosiding Seminar Nasional Simbiosis* (Program Studi Biologi Universitas PGRI Madiun: 15 Agustus 2018) 3: 319-331.
- Haryono, Subagja J. 2008. Populasi dan habitat ikan tambra, *Tor tambroides* (Bleeker, 1854) di perairan kawasan Pegunungan Muller Kalimantan Tengah. *Biodiversitas* 9(4): 306-309.
- Haryono. 2006. Aspek biologi ikan tambra (*Tor tambroides*) yang eksotik dan langka sebagai dasar domestikasi. *Biodiversitas* 7: 195- 198.
- Hoogenboezem W, van den Boogaart JGM, Sibbing FA, Lammens E, Terlouw A, Osse JWM. 1991. A new model of particle retention and branchial sieve adjustment in filter-feeding bream (*Abramis brama*, Cyprinidae). *Can J Fish Aquat Sci* 48: 7-18.
- Esmiralda H. 2011. Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio Lin*). Disertasi. Padang. Universitas Andalas.
- IUCN. 1990. *IUCN red list of threatened animal*. Cambridge. IUCN
- Kazlauskienė N, Vosyliene MZ. 2008. Characteristic features of the effect of Cu and Zn mixtures on rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in ontogenesis. *Pol J Environ Stud* 17(2): 291.
- Kumari U, Yashpal M, Mittal S, Mittal AK. 2005. Morphology of the pharyngeal cavity, especially the surface ultrastructure of gill arches and gill rakers in relation to the feeding ecology of the catfish *Rita rita* (Siluriformes, Bagridae). *J Morphol* 265(2): 197-208.
- Kumari U, Yashpal M, Mittal S, Mittal AK. 2009. Surface ultrastructure of gill arches and gill rakers in relation to feeding of an Indian major carp, *Cirrhinus mrigala*. *Tissue Cell* 41(5): 318-325.
- Kurnia A, Hasan Z, Harahap SA. 2016. Peningkatan produksi ikan mas (*Cyprinus carpio* L) menggunakan sistem budidaya polikultur bersama ikan nilam (*Osteochilus hasselti*) di Waduk Cirata, Jawa Barat. *Jurnal Perikanan Kelautan* 7(1): 146-156.
- Leuwol CF, Batu DTF, Affandi R. 2018. Acute toxicity test of carbamate insecticide on common carp, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758. *Jurnal Iktiologi Indonesia* 18(3): 191-198.

- McCormick SD. 1995. Hormonal control of gill Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPase and chloride cell function. Dalam Wood CM, Shuttleworth TJ (Eds): *Cellular and Molecular Approaches to Fish Ionic Regulation*, New York. Academic Press, Hlm. 285–315.
- Mistri A, Verma N, Kumari U, Mittal S, Mittal AK. 2016. Surface ultrastructure of gills in relation to the feeding ecology of an angler catfish *Chaca chaca* (Siluriformes, Chacidae). *Microsc Res Tech* 79(10): 973-981.
- Moyle PB, Cech JJ Jr. 1996. *Fishes: An Introduction to Ichthyology*. 3<sup>rd</sup> Ed. Upper Saddle River, New Jersey. Prentice Hall, Hlm. 590.
- Muchlisin ZA, Batubara AS, Azizah MNS, Adlim M, Hendri A, Fadli, Sugianto S. 2015. Feeding habit and length weight relationship of keureling fish, *Tor tambra* Valenciennes, 1842 (Cyprinidae) from the western region of Aceh Province, Indonesia. *Biodiversitas* 16(1): 89-94.
- Muliari, Akmal Y, Zulfahmi I, Juanda R, Karja NWK, Nisa C. 2018. Histopathological changes in gill of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after palm oil mill effluent exposure. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science IOP Publishing* 216(1): 012003.
- Mulyani YS, Fitriani M 2015. Pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dipuaskan secara periodik. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia* 2(1): 1-12.
- Mummert JR, Drenner RW. 1986. Effect of size on filtering efficiency and selective particle ingestion of filter feeding clupeid. *Trans Am Fish Soc* 115(4): 522-8.
- Nissa K, Sukenda S, Junior MZ, Lusiastuti AM, Nuryati S. 2016. Benih Keturunan Induk Ikan Nila yang Divaksinasi pada Tingkat Kematangan Gonad-2 Lebih Tahan Terhadap Infeksi *Streptococcus agalactiae* (Resistance of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry vaccinated at different gonadal developmental stages toward *Streptococcus agalactiae* infection) *J Veteriner* 17(3): 355-364.
- Njiru M, Okeyo Owuor JB, Muchiri M, Cowx IG. 2004. Shifts in the food of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) in Lake Victoria, Kenya. *Afr J Ecol* 42(3): 163-170.
- Nugroho E, Sukadi MF, Huwoyon GH. 2012. Beberapa jenis ikan lokal yang potensial untuk budidaya: domestikasi, teknologi pembenihan, dan pengelolaan kesehatan lingkungan budidaya. *Media Akuakultur* 7(1): 52-57.
- Olson KR. 2002. Vascular anatomy of the fish gill. *J Exp Zool* 293(3): 214-231.
- Ragland HC, Fischer EA. 1987. Internal fertilization and male parental care in the scalyhead sculpins, *Artedius harringtoni*. *Copeia* 1987: 1059–1062.
- Royan F, Rejeki S, Haditomo AHC. 2014. Pengaruh salinitas yang berbeda terhadap profil darah ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *JAMTech* 3(2): 109-117.
- Rudiyanti S, Dana A. 2009. Pertumbuhan dan survival rate ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) pada berbagai konsentrasi pestisida regent 0, 3 g. *Saintek Perikanan* 5(1): 49-54.
- Salman NA, Al-Mahdawi GJ, Heba HMA. 2005. Gill rakers morphometry and filtering mechanism in some marine teleosts from Red Sea coasts of Yemen. *Egypt J Aquat Res* 31: 286-296.
- Saroglia M, Terova G, De Stradis A, Caputo A. 2002. Morphometric adaptations of sea bass gills to different dissolved oxygen partial pressures. *J. Fish Biol* 60(6): 1423-1430.
- Sulawesty F, Chrismadha T, Mulyana E. 2014. Laju pertumbuhan ikan mas (*Cyprinus carpio* l) dengan pemberian pakan lemna (*Lemna perpusilla* torr.) segar pada kolam sistem aliran tertutup. *Limnotek-Perairan Darat Tropis di Indonesia* 21(2): 177-184
- Sutarjo GA, Samsundari S. 2018. Peningkatan produksi budidaya ikan air tawar melalui penerapan manajemen kualitas air dan pembuatan pakan ikan mandiri di kelompok pembudidaya ikan “sumber rejeki” dan “cinta alam” kecamatan bungatan kabupaten situbondo. *Jurnal Dedikasi* 15(1): 1-4.

- Uchida K, Kaneko T, Miyazaki H, Hasegawa S, Hirano T. 2000. Excellent salinity tolerance of Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*): elevated chloride cell activity in the branchial and opercular epithelia of the fish adapted to concentrated seawater. *Zool Sci* 17(2): 149-161.
- Van den Berg COEN, Van den Boogaart JGM, Sibbing FA, Osse JWM. 1994. Implications of gill arch movements for filter-feeding: an x-ray cinematographical study of filter-feeding white bream (*Blicca bjoerkna*) and common bream (*Abramis brama*). *J Exp Biol* 191: 257-257.
- Wilson JM, Laurent P. 2002. Fish gill morphology: inside out. *J Exp Zool* 293(3): 192-213.
- Windarti, Simarmata AH. 2015. *Buku Ajar Struktur jaringan*. Pekanbaru. Penerbit Unri Press. Hlm.105.
- Zayed AE, Mohamed SA. 2004. Morphological study on the gills of two species of fresh water fishes: *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus*. *Ann Anat* 186(4): 295-304.
- Zulfahmi I, Affandi R, Batu DTL. 2017a. Kondisi biometrik ikan nila, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758) yang terpapar merkuri [Biometric condition of nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758) after mercury exposure]. *Jurnal Iktiologi Indonesia* 14(1): 37-48.
- Zulfahmi I, Akmal Y, Batubara AS. 2018b. The morphology of Thai mahseer's *Tor tambroides* (Bleeker, 1854) axial skeleton (*ossa vertebrae*). *Jurnal Iktiologi Indonesia* 18(2): 139-149.
- Zulfahmi I, Akmal Y, Muliari. 2019. *Osteologi Ikan Keureling (Tor tambroides)*. Bogor. IPB Press, Hlm. 107.
- Zulfahmi I, Muliari M, Akmal Y, Batubara AS. 2018a. Reproductive performance and gonad histopathology of female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758) exposed to palm oil mill effluent. *Egypt J Aquat Res* 44(4): 327-332.
- Zulfahmi I, Muliari M, Akmal Y. 2017b. Indeks hepatosomatik dan histopatologi hati ikan nila (*Oreochromis niloticus* linnaeus 1758) yang dipapar limbah cair kelapa sawit. In *Prosiding Semdi-Unaya* (Universitas Abulyatamata: 4 November 2017) 1(1): 301-314.
- Zulfahmi I, Ridwan A, Djamar TFL. 2015. Perubahan Struktur Histologis Insang dan Hati Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758) yang Terpapar Merkuri [Histological changes of liver and Gill of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758) after mercury exposure]. *Jurnal Edukasi dan Sains Biologi* 4: 35-36.
- Zuraidah S, Budiman B, Safutra E. 2018. Domestikasi induk ikan kerling (*Tor tambroides*) di Kecamatan Pante Ceureumen Kabupaten Aceh Barat. *Jurnal Akuakultura* 2(1):19-25.