

p ISSN 1693-0339
e ISSN 2579-8634

Jurnal Iktiologi Indonesia

(Indonesian Journal of Ichthyology)

Volume 20 Nomor 3 Oktober 2020



Diterbitkan oleh:

Masyarakat Iktiologi Indonesia

(The Indonesian Ichthyological Society)



Jurnal Iktiologi Indonesia

p ISSN 1693-0339

e ISSN 2579-8634

Terakreditasi berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan,
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi No. 10/E/KPT/2019 tentang Peringkat
Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode II Tahun 2019 tertanggal 4 April 2019

Peringkat 2, berlaku lima tahun mulai dari Volume 19, Nomor 1, tahun 2019

Volume 20 Nomor 3 Oktober 2020

Dewan Penyunting

Ketua	: M. Fadjar Rahardjo
Anggota	: Agus Nuryanto Achmad Zahid Angela Mariana Lusiastuti Charles P.H. Simanjuntak Djumanto Endi Setiadi Kartamihardja Haryono Kadarusman Lenny S. Syafei Lies Emmawati Hadie Sharifuddin bin Andy Omar Teguh Peristiwady

Alamat Dewan Penyunting:

Gd. Widyasatwaloka, Bidang Zoologi, Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Jln. Raya Jakarta-Bogor Km 46, Cibinong 16911
Laman: jurnal-iktiologi.org
Laman: www.iktiologi-indonesia.org
Surel: jurnal.iktiologi@gmail.com

Jurnal Iktiologi Indonesia (JII) adalah jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh Masyarakat Iktiologi Indonesia (MII) tiga kali setahun pada bulan Februari, Juni, dan Oktober. JII menyajikan artikel lengkap hasil penelitian yang berkenaan dengan segala aspek kehidupan ikan (Pisces) di perairan tawar, payau, dan laut. Aspek yang dicakup antara lain biologi, fisiologi, taksonomi dan sistematika, genetika, dan ekologi, serta terapannya dalam bidang penangkapan, akuakultur, pengelolaan perikanan, dan konservasi.



Ikan pirik, *Lagusia micracanthus* Bleeker, 1860
(Foto: Muhammad Nur)

Percetakan: CV. Rajawali Corporation

Prakata

Jurnal Iktiologi Indonesia edisi akhir tahun 2020 berisikan 8 artikel. Artikel pertama menguraikan tentang pengaruh madu terhadap kualitas sperma ikan botia yang ditulis oleh Abunawanto *et al.* Selanjutnya Zulfahmi *et al.* menggambarkan komparasi tulang belakang *Tor tambroides* dan *Tor tambra*.

Tiga artikel yang berkaitan dengan aspek biologi ikan di perairan alami dikemukakan. Pertama, Jusmaldi *et al.* menguraikan tentang aspek biologi reproduksi ikan nilem; kedua, Maulidyasari dan Djumanto tentang hubungan panjang bobot ikan nilem di Rawa Pening; dan ketiga, Nur *et al.* tentang hubungan panjang

bobot dan faktor kondisi ikan pirik di daerah aliran sungai Maros, Sulawesi Selatan.

Tiga artikel terkait dengan ikan budi daya dipublikasikan pada edisi ini. Eliyani *et al.* mengupas tentang pertumbuhan dan sintasan yuwana ikan patin yang dipelihara pada berbagai sistem resirkulasi. Nugraha *et al.* mengutarakan kinerja sistem pencernaan dan pertumbuhan larva ikan lele yang dipelihara pada sistem bioflok dengan penambahan *Chlorella* sp. Kualitas warna ikan Sumatra pada paparan spektrum cahaya yang berbeda ditulis oleh Wijianto *et al.*

Penyunting

Pengaruh larutan madu sebagai krioprotektan alami terhadap kualitas sperma ikan botia (*Chromobotia macracanthus* Bleeker 1852)

[The honey solution effect as a natural cryoprotectant on sperm quality of botia, *Chromobotia macracanthus* Bleeker 1852]

Abinawanto Abinawanto^{1,*}, Siti Z Musthofa², Retno Lestari¹, Anom Bowolaksono¹

¹ Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Indonesia, Kampus Depok, Depok 16424

² Balai Riset Budidaya Ikan Hias, Depok,
abinawanto.ms@sci.ui.ac.id, siti.zuhriyyah@gmail.com, retno.lestari.budiman@gmail.com, alaksono@sci.ui.ac.id

Diterima: 28 Mei 2020; Disetujui: 01 September 2020

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kombinasi terbaik antara krioprotektan alami (larutan madu) dan krioprotektan sintetik (metanol) terhadap kualitas spermatozoa *Chromobotia macracanthus* Bleeker 1852, pasca penyimpanan pada suhu -80 °C selama 48 jam. Kombinasi metanol 10% dengan berbagai konsentrasi larutan madu (0%, 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7% dan 0,9%) diuji dalam penelitian ini. Larutan Ringer digunakan sebagai ekstender. Sperma yang telah diencerkan, kemudian diekuiliberasi selama 25 menit pada suhu 4 °C, kemudian disimpan beku pada suhu -80 °C selama 48 jam. Sperma kemudian dicairkan pada suhu 40 °C selama 13 detik. Viabilitas, motilitas dan persentase fertilisasi dievaluasi. Hasil uji analisis sidik ragam menunjukkan bahwa kombinasi metanol 10% dengan beberapa konsentrasi larutan madu berpengaruh secara signifikan ($P < 0,05$) terhadap viabilitas spermatozoa dan persentase fertilisasi, tapi tidak berpengaruh terhadap motilitas spermatozoa ($P > 0,05$). Kombinasi larutan madu 0,1% dan metanol 10% menunjukkan persentase tertinggi baik motilitas ($89,4 \pm 5,45\%$), viabilitas ($85,75 \pm 4,79\%$), maupun persentase fertilisasi ($98,55 \pm 1,69\%$). Kesimpulan penelitian ini adalah bahwa larutan madu 0,1% yang dikombinasikan dengan metanol 10% dalam larutan Ringer merupakan krioprotektan terbaik bagi spermatozoa *C. macracanthus* yang disimpan pada suhu -80 °C selama 48 jam.

Kata penting: ikan botia, larutan Ringer, madu, metanol, preservasi spermatozoa.

Abstract

The purpose of study was to obtain the best combination of natural cryoprotectant (honey solution) and synthetic cryoprotectant (methanol) on the quality of spermatozoa *Chromobotia macracanthus* Bleeker 1852, after freezing at -80 °C for 48 hours. The combination of 10% methanol with various concentrations of honey solution (0%, 0.1%, 0.3%, 0.5%, 0.7% and 0.9%) was tested in this study. Ringer's solution was used as an extender. The diluted sperm was then equilibrated for 25 minutes at 4 °C, then frozen at -80 °C for 48 hours. The sperm was then thawed at 40 °C for 13 seconds. Viability, motility and percentage of fertilization were evaluated. The results of the analysis of variance showed that the combination of 10% methanol with several concentrations of honey solution had a significant effect ($P < 0.05$) on the viability of spermatozoa and the percentage of fertilization, but had no effect on sperm motility ($P > 0.05$). The combination of 0.1% honey solution and 10% methanol showed the highest percentage of both motility ($89.4 \pm 5.45\%$), viability ($85.75 \pm 4.79\%$), and the percentage of fertilization ($98.55 \pm 1.69\%$). The conclusion of this study is that 0.1% honey solution combined with 10% methanol in Ringer's solution is the best cryoprotectant for *C. macracanthus* spermatozoa stored at -80 °C for 48 hours

Key words: botia fish, honey, methanol, preservation of spermatozoa, Ringer's solution

Pendahuluan

Botia *Chromobotia macracanthus* Bleeker 1852 adalah salah satu ikan hias air tawar yang populer yang berasal dari Sumatera dan Kalimantan (Kottelat *et al.* 1996). Ikan botia di alam telah mengalami penurunan populasinya karena penangkapan yang berlebihan sekitar

2300 spesimen di sungai Musi pada tahun 2006, dan ekspor juvenile *C. macracanthus* sekitar 50 juta pada tahun 2009 (Ng & Tan 1997; Legendre *et al.* 2012; Hossain Md *et al.* 2015; Hossen Md *et al.* 2016; Hossain Md *et al.* 2017). Penurunan populasi ikan botia juga disebabkan oleh penebangan pohon di hutan secara ilegal (IBSAP

2003; Onrizal *et al.* 2005; Tlustý *et al.* 2008, Lakra *et al.* 2010; Raghavan, *et al.* 2013; Gupta *et al.* 2015; Hossain Md *et al.* 2015; Afros *et al.* 2016; Hossen Md *et al.* 2016, Islam Md *et al.* 2017). Studi tentang bioekologi ikan botia telah dilakukan oleh beberapa peneliti (Tan & Kottelat 2009; Legendre *et al.* 2012; Kottelat 2013; Dey & Barat 2015; Dey *et al.* 2015; Gupta 2016; Hossain Md *et al.* 2017), demikian pula dengan keberhasilan teknologi budidaya juga telah dilaporkan (Tan & Kottelat 2009; Legendre *et al.* 2012; Kottelat 2013; Dey & Barat 2015; Dey *et al.* 2015; Gupta 2016; Hossain Md *et al.* 2017). Oleh karena itu produksi ikan botia untuk memenuhi permintaan pasar tidak lagi mengandalkan pada alam (dari habitat alaminya) namun berdasarkan produksi akuakultur (Tan & Kottelat 2009; Legendre *et al.* 2012; Kottelat 2013; Dey & Barat 2015; Dey *et al.* 2015; Gupta 2016). Namun demikian produksi benih ikan botia masih menghadapi beberapa kendala terutama penyediaan induk yang berkualitas. Hal ini disebabkan pematangan gonad yang lama (8-10 bulan) serta tidak sinkronnya pematangan gonad antara induk jantan dan betina (Satyani dkk. 2006; Legendre *et al.* 2012; Permana *et al.* 2015; Musthofa *et al.* 2018; Putra *et al.* 2019). Oleh karena itu salah satu solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan kriopreservasi sperma (Muchlisin *et al.* 2004; Tiersch *et al.* 2008; Yang & Tiersch 2009; Cabrera *et al.* 2010; Agarwal 2011; Chew *et al.* 2012; Muchlisin *et al.* 2015; Jang *et al.* 2017; Martínez; Riesco *et al.* 2017; Hezavehei *et al.* 2018). Menurut Tsai & Lin (2012), kriopreservasi merupakan teknik penyimpanan sel pada suhu sangat rendah dalam jangka waktu lama.

Beberapa spesies ikan telah berhasil dikriopreservasi spermatozoanya, antara lain lele

bagrid *Hemibagrus nemurus* (Muchlisin *et al.* 2004; Muchlisin *et al.* 2009), lele Afrika *Clarias gariepinus* (Viveiros *et al.* 2000; Muchlisin *et al.* 2005; Muchlisin *et al.* 2010; Omitogun *et al.* 2010; Muchlisin *et al.* 2015; Olanrewaju *et al.* 2015), gurami *Osphronemus goramy* (Abinawanto *et al.* 2012a; Abinawanto *et al.* 2017a), tawes (*Barbonymus gonionotus*) (Abinawanto *et al.* 2013; Abinawanto *et al.* 2016), spermatozoa Salmonidae (Harvey & Ashwood-Smith, 1982; Negus 2008; Figueroa *et al.* 2018; Lahnsteiner *et al.* 2002; Figueroa *et al.* 2016), ikan mas *Cyprinus carpio* (Horvath *et al.* 2003; Withler 1982; Bernáth *et al.* 2016; Horvath *et al.* 2007; Boryshpolets *et al.* 2017; Magyary *et al.* 1996), zebra fish *Danio rerio* (Harvey *et al.* 1982; Carmichael *et al.* 2009; Matthews *et al.* 2018; Rebocho 2018), ikan nila (*Oreochromis mossambicus*) (Harvey 1983; Ugwu *et al.* 2018), rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Stoss & Donaldson 1983; Kutluyer *et al.* 2014; Robles *et al.* 2003; Bozkurt *et al.* 2005; Tekin *et al.* 2003; Ciereszko *et al.* 2014), dan ikan seurukan *Osteochillus vittatus* (Muthmainnah *et al.* 2018). Namun demikian, studi tentang kriopreservasi sperma ikan botia belum pernah dilaporkan.

Krioprotektan merupakan salah satu faktor yang menunjang keberhasilan program kriopreservasi (Muchlisin 2005; Agarwal 2011; Anil *et al.* 2011; Chew *et al.* 2012; Tsai & Lin 2012; Muchlisin *et al.* 2015; Gil *et al.* 2017). Hal ini disebabkan krioprotektan dapat melindungi spermatozoa terhadap kejutan dingin dan kejutan panas (Muchlisin 2005; Anil *et al.* 2011; Tsai & Lin 2012; Ciereszko *et al.* 2014; Gil *et al.* 2017). Namun demikian, krioprotektan bersifat toksik pada konsentrasi tinggi terhadap sistem selular termasuk spermatozoa (Muchlisin *et al.* 2009; Tsai & Lin 2012; Anil 2013; Best 2015;

Muchlisin *et al.* 2015; Sieme *et al.* 2016). Oleh karena itu, krioprotektan yang tidak toksik sangat dibutuhkan dalam proses kriopreservasi (Dash *et al.* 2008; Anil 2011; Szurek & Eroglu 2011; Tsai & Lin 2012; Muchlisin *et al.* 2015). Krioprotektan secara umum terdiri atas dua tipe yaitu, krioprotektan intraseluler (permeating) dan ekstraseluler (nonpermeating). Hasil studi sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi kedua tipe krioprotektan memberikan hasil yang terbaik. Sebagai contoh, Abinawanto *et al.* (2012b; 2016) menggunakan kombinasi susu skim dan metanol untuk kriopreservasi spermatozoa ikan tawes *Barbonymus gonionotus*, kombinasi sukrosa dan metanol untuk kriopreservasi spermatozoa ikan gurami (Abinawanto *et al.* 2012a) kombinasi larutan madu dan Dimethyl Sulfoxide (DMSO) untuk kriopreservasi spermatozoa ikan gurami (Abinawanto *et al.* 2017a) dan spermatozoa ikan nilam (*Osteochillus hasseltii*) (Sunarma *et al.* 2007), serta kombinasi kuning telur dan DMSO untuk kriopreservasi spermatozoa ikan depik (*Rasbora tawarensis*) (Muthmainnah *et al.* 2018). Kombinasi larutan madu dan DMSO telah berhasil digunakan untuk kriopreservasi spermatozoa ikan gurami (Abinawanto *et al.* 2017a) namun demikian penggunaan kombinasi larutan madu dan metanol serta larutan Ringer sebagai ekstender untuk kriopreservasi spermatozoa ikan botia belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi larutan madu terbaik dikombinasikan dengan metanol 10% untuk kriopreservasi spermatozoa ikan botia pada suhu -80°C selama 48 jam.

Bahan dan metode

Waktu, lokasi dan persiapan induk

Penelitian dilakukan pada bulan Februari 2017 hingga Januari 2018, di Balai Riset Budi-daya Ikan Hias (BRBIH), Depok, Jawa Barat. Sebanyak 40 ekor induk ikan botia jantan dengan bobot tubuh berkisar 40 – 80 g dipelihara selama 2 bulan di panti benih ikan botia BRBIH menggunakan bak kanvas bulat berukuran diameter 2,5 m dan tinggi 1 m (ketinggian air 0,5 m) dengan sistem resirkulasi. Ikan botia diberi pakan berupa cacing tanah (*Lumbricus* sp.) secara *ad satiation* (sekenyangnya), sebanyak 1 kali per hari. Pemeliharaan dilakukan pada suhu 24-25°C (Satyani *et al.* 2006). Tahapan berikutnya yaitu seleksi induk matang gonad yang dilakukan dengan cara mengurut bagian abdomen induk jantan secara perlahan. Induk jantan yang matang gonad dicirikan mampu memproduksi sperma berwarna putih susu (Satyani *et al.* 2006). Induk hasil seleksi kemudian dipindahkan ke akuarium dengan ukuran 60 cm x 40 cm x 40 cm yang dilengkapi dengan aerasi dan jaring kasa ukuran mata jaring 0,5 cm untuk mencegah ikan loncat keluar. Selanjutnya ikan jantan siap untuk di-induksi secara hormonal.

Pembuatan larutan ekstender dan krioprotektan

Larutan ekstender yang digunakan dalam penelitian ini yaitu larutan Ringer, sedangkan larutan madu digunakan sebagai krioprotektan ekstraseluler, sementara metanol 10% digunakan sebagai krioprotektan intraseluler. Larutan Ringer stok dibuat dengan cara melarutkan 3,25 g NaCl; 0,125 g KCl; 0,175 g CaCl₂.2H₂O; dan 0,1 g 0,1 g dalam akuades 500 mL, dan larutan disimpan pada suhu 4°C (Abinawanto *et al.* 2017a). Larutan madu dibuat dengan cara melarutkan masing-masing 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; dan

0,9 mL madu murni dengan larutan Ringer sehingga diperoleh konsentrasi larutan madu masing-masing 0,1%; 0,3%; 0,5%; 0,7%; dan 0,9% (Abinawanto *et al.* 2017a). Pembuatan larutan madu dilakukan pada tabung kriogenik 2mL berdasarkan metoda Abinawanto *et al.* (2017a) dan studi pendahuluan.

Pembuatan larutan aktivator dan larutan eosin-Y.

Larutan aktivator dibuat dengan melarutkan 0,263 g NaCl; 0,037 g KCl; dan 0,363 g Tris_HCl dengan akuabides 100 mL. Larutan aktivator disimpan pada suhu 4 °C sampai saat digunakan (Perchec *et al.* 1995). Larutan eosin-Y dibuat dengan melarutkan 0,5 g eosin-Y dengan akuabides 100 mL (Abinawanto *et al.* 2017b).

Pengoleksian sperma

Empat ekor jantan masing-masing dengan bobot $60,47 \pm 10,34$ g disuntik dengan Ovaprim (Syndel Laboratories Ltd. Nanaimo, Canada) secara intramuskular pada dosis 0,6 mL per kg bobot tubuh (Legendre *et al.* 2012). Sperma dikoleksi dari setiap individu ikan jantan 18 jam pasca penyuntikkan dengan cara mengurut bagian abdomen tubuh ikan (stripping) dan ditempatkan dalam tabung kriogenik 2 mL (Muchlisin *et al.* 2010).

Pengenceran sperma

Sperma segar dicampur dengan larutan Ringer, metanol 10%, dan masing-masing larutan madu sesuai dengan konsentrasi larutan madu yang digunakan (Tabel 1). Komposisi larutan yang digunakan dimodifikasi dari Abinawanto *et al.* (2017a). Rasio pengenceran antara sperma segar dengan larutan pengencer yaitu 1:9 (Sunarma *et al.* 2007). Adapun komposisi masing-masing komponen larutan pengencer dan sperma disajikan dalam Tabel 1.

Ekuilibrasi, pembekuan, dan pencairan

Sperma yang telah diencerkan kemudian diekuilibrasi pada suhu 4-5°C di kotak es selama 15 menit, dan dibekukan selama 48 jam pada suhu -80 °C (Abinawanto *et al.* 2012a). Sperma beku kemudian dicairkan pada suhu 40 selama 10 menit di dalam water bath (Abinawanto *et al.* 2017a).

Evaluasi kualitas sperma

Sperma segar divalusi warna dan pH (Abinawanto *et al.* 2017a) Sperma yang telah disimpan beku dianalisis motilitas, viabilitas, dan abnormalitasnya dengan menggunakan Mikroskop Trinokular (Boeco, Germany) yang dilengkapi dengan kamera digital (MDCE-5a). Mikroskop dihubungkan dengan computer yang dilengkapi dengan perangkat lunak (Scopephoto 2.0.4).

Tabel 1 Komposisi pelarut yang digunakan untuk kriopreservasi sperma ikan botia (*Chromobotia macracanthus*)

Komposisi	Kelompok eksperimen					
	K	M 0,1%	M 0,3%	M 0,5%	M 0,7%	M 0,9%
Sperma (μL)	30	30	30	30	30	30
Metanol (μL)	30	30	30	30	30	30
Larutan madu (μL)	0	240	240	240	240	240
Fish Ringer (μL)	240	0	0	0	0	0

K = Kontrol, tanpa larutan madu; M 0,1–0,9% = larutan madu.

Pengoleksian telur yang terfertilisasi

Telur dikoleksi dari induk betina yang telah matang gonad dengan cara pengurutan pada bagian abdominal (stripping), dan diletakkan di dalam wadah plastik serta disimpan pada suhu 4 °C sampai saat digunakan untuk fertilisasi. Sebanyak 2 mL telur (100 butir telur) dicampur dengan 0,6 mL sperma yang telah dicairkan (1:3 volume per volume) dan ditambahkan dengan dua tetes air kolam dan diaduk dengan bulu ayam. Campuran sperma dan telur dibiarkan kontak selama lima menit. Fertilisasi terjadi dua jam pasca inkubasi. Telur yang terfertilisasi terlihat transparan, sedangkan telur yang tidak terbuahi berwarna gelap. Persentase fertilisasi dihitung dengan rumus sebagai berikut: Persentase fertilisasi = jumlah telur yang terbuahi dibagi dengan jumlah telur total yang diinkubasi dikali 100 persen (Anil 2013).

Analisis statistik

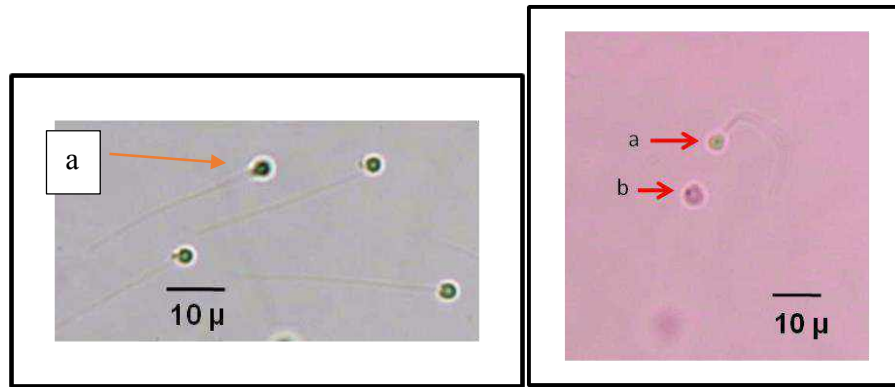
Data motilitas, viabilitas, dan fertilisasi dianalisis menggunakan ANOVA satu arah dan dilanjutkan dengan uji Duncan untuk mendapatkan hasil yang terbaik di antara perlakuan. Analisis data dilakukan dengan perangkat lunak SPSS 14 (SPSS, Chicago, IL, USA). Data kualitatif seperti warna, volume, pH dan abnormalitas spermatozoa disajikan secara deskriptif. Data fisika air selama pemeliharaan ikan botia yang diamati hanya suhu air berdasarkan metoda Satyani *et al.* (2006)

Hasil

Suhu air selama pemeliharaan ikan botia berkisar antara 24-25 °C. Sperma segar berwarna putih susu, dan pH 7,9 (Tabel 2). Diameter kepala spermatozoa 3,5 µm, dan rata-rata

panjang ekor spermatozoa 32,81 µm. Spermatozoa yang viable berwarna hijau pada bagian kepala (Gambar 1a dan 1b), sedangkan spermatozoa yang nonviabel berwarna merah muda sampai merah di bagian kepalanya (Gambar 1c). Kualitas spermatozoa segar secara umum lebih baik dibandingkan spermatozoa yang dikriopreservasi. Persentase motilitas, viabilitas, dan fertilisasi dari sperma segar, masing-masing: $97,75 \pm 2,63\%$, $83 \pm 2,45\%$, dan $100 \pm 0,0\%$. Namun demikian, kualitas spermatozoa menurun secara gradual 48 jam pasca penyimpanan beku, bergantung pada konsentrasi larutan madu. Hasil uji ANOVA menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap viabilitas dan fertilisasi spermatozoa ($P < 0,05$), namun tidak berpengaruh secara signifikan terhadap motilitas spermatozoa ($P > 0,05$).

Kualitas spermatozoa semakin menurun sejalan dengan peningkatan konsentrasi larutan madu. Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa motilitas spermatozoa pada perlakuan dengan larutan madu 0,1% sebesar $89,4 \pm 5,45\%$, lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi larutan madu lainnya, namun tidak signifikan (Tabel 2). Viabilitas spermatozoa pada perlakuan dengan konsentrasi larutan madu 0,1% sebesar $85,75 \pm 4,78\%$ lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan dengan konsentrasi madu lainnya, kecuali kontrol ($74,5 \pm 7,89\%$) (Tabel 2). Persentase fertilisasi tertinggi juga ditunjukkan oleh perlakuan dengan konsentrasi larutan madu 0,1% yaitu sebesar $98,55 \pm 1,69\%$ berbeda signifikan dengan konsentrasi larutan madu 0,5%, 0,7%, dan 0,9%, namun tidak berbeda signifikan dengan konsentrasi larutan madu 0,3% dan 0% (kontrol) (Tabel 2).



Gambar 1 Spermatozoa viabel (a) dan spermatozoa nonviabel (b). Perbesaran 10 x 100; Bar = 10 mikrometer

Tabel 2 Analisis spermatozoa ikan botia pasca pembekuan 48 jam

Kelompok eksperimen	Parameter kualitas sperma		
	Motilitas (%)	Viabilitas (%)	Fertilisasi (%)
Sperma segar	97,75 ± 2,63 ^b	83 ± 2,45 ^b	100 ± 0,0 ^b
0% (kontrol)	85,45 ± 11,99 ^a	74,5 ± 7,89 ^{ab}	91,61±10,29 ^{ab}
M 0,1%	89,4 ± 5,45 ^a	85,75 ± 4,78 ^b	98,55±1,69 ^b
M 0,3%	83,05 ± 4,18 ^a	67 ± 10,23 ^a	93,91±9,33 ^{ab}
M 0,5%	81,15 ± 8,14 ^a	66,75 ± 9,56 ^a	89,67±8,22 ^a
M 0,7%	81,9 ± 7,05 ^a	66,5 ± 14,07 ^a	84,46±10,22 ^a
M 0,9%	82,27 ± 6,18 ^a	67 ± 14,07 ^a	82,39±16,90 ^a

Keterangan: Nilai rata-rata ± simpangan baku dari empat kali ulangan. Nilai rata-rata yang memiliki huruf yang sama berarti tidak memiliki perbedaan signifikan ($p > 0.05$).

Pembahasan

Penggunaan kombinasi larutan madu dengan konsentrasi 0,1% dengan metanol 10% dalam larutan Ringer menunjukkan hasil terbaik terhadap kualitas spermatozoa 48 jam setelah pembekuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas spermatozoa pada kontrol (tanpa diberikan larutan madu) lebih rendah dibandingkan dengan yang diberikan perlakuan larutan madu 0,1%. Namun demikian, kualitas spermatozoa setelah penyimpanan beku (kriopreservasi) menurun secara gradual pada konsentrasi larutan madu di atas 0,1%. Hal ini kemungkinan disebabkan peningkatan viskositas pelarut akibat

peningkatan konsentrasi larutan madu (Sakri 2015), sehingga menghalangi metanol masuk ke dalam sel spermatozoa. Sebagai akibatnya konsentrasi madu yang sangat kental tersebut dapat menurunkan efek protektif krioprotektan intraseluler (methanol) di dalam sel. Madu juga dikenal sebagai krioprotektan alami nonpermeating (ekstraseluler). Madu sebagai krioprotektan alami bersifat kurang toksik, tidak mahal, dan ramah lingkungan (Muchlisin *et al.* 2015; Muchlisin 2005). Oleh karena itu, penggunaan krioprotektan alami sebagai alternatif, sangat direkomendasikan, namun dengan konsentrasi optimum.

Motilitas spermatozoa yang dihasilkan dari kombinasi metanol 10% + larutan madu 0,1% pada studi ini sebesar $89,4 \pm 5,45\%$, lebih tinggi daripada penelitian sebelumnya yaitu 83,23% (dari hasil kombinasi metanol 5% + susu skim 20%+) (Abinawanto *et al.* 2016), 81,62% (dari hasil kombinasi metanol 10% + sukrosa 0,5%) (Abinawanto *et al.* 2012a), 80,98% (dari kombinasi 10% metanol + susu skim 15%) (Abinawanto *et al.* 2012b), 80,48% (dari kombinasi DMSO 10% + larutan madu 0,7%) (Abinawanto *et al.* 2017a), 63,33% (dari kombinasi DMSO + larutan madu) (Sunarma *et al.* 2007), dan 58% (dari kombinasi DMSO + larutan Ringer) (Muchlisin *et al.* 2004; Akcay *et al.* 2004). Oleh karena itu diasumsikan bahwa kombinasi metanol 10% dan larutan madu 0,1% merupakan krioprotektan yang efektif untuk mempertahankan kualitas spermatozoa ikan botia selama kriopreservasi. Penelitian ini menggunakan larutan madu sebagai krioprotektan ekstraseluler (nonpermeating) dan metanol 10% sebagai krioprotektan intraseluler (permeating). Penggunaan kedua jenis krioprotektan tersebut secara simultan menghasilkan efek krioprotektif yang lebih baik, karena memberikan efek perlindungan yang komplementer di dalam dan di luar sel (Akcay *et al.* 2004). Selain efektif melindungi spermatozoa ikan botia pada penelitian ini, maka kombinasi metanol dan larutan madu juga berhasil melindungi spermatozoa pada ikan lain, seperti spermatozoa ikan lele bagrid (Muchlisin *et al.* 2004), lele Afrika (Muchlisin *et al.* 2015), dan nilem (Sunarma *et al.* 2007). Motilitas spermatozoa ikan botia pasca penyimpanan beku pada penelitian ini juga lebih tinggi dibandingkan dengan motilitas spermatozoa ikan lainnya, seperti pada ikan lele Afrika (Muchlisin *et al.* 2004), gurami (Abinawanto *et al.* 2017a), dan

nilem (Sunarma *et al.* 2007). Persentase fertilisasi pasca penyimpanan beku spermatozoa pada penelitian ini juga lebih tinggi dibandingkan spesies ikan lele Afrika (Muchlisin *et al.* 2015), tawes (Abinawanto *et al.* 2016), ikan gurami (Abinawanto *et al.* 2017a), ikan nila (Rebocho 2018), nilem (Sunarma *et al.* 2007; Putra *et al.* 2019), lele Afrika (Muchlisin *et al.* 2004), ikan mas (Akcay *et al.* 2004), dan *Lota lota* (Lahnsteiner *et al.* 2002). Mekanisme yang dapat menjelaskan mengapa kombinasi larutan madu + methanol dapat meningkatkan viabilitas dan persentase fertilisasi kemungkinan adalah madu sebagai bahan alami memiliki keunggulan tidak bersifat toksik dibandingkan krioprotektan sintetik seperti polivinil pirolidon, sehingga dapat mempertahankan viabilitas, bahkan meningkatkan viabilitas spermatozoa. Madu juga berperan sebagai penyedia energi selama penyimpanan (dalam keadaan metabolisme basal), sehingga dapat meningkatkan persentase fertilisasi pasca penyimpanan beku. Selain itu, walau digunakan methanol sebagai krioprotektan sintetik, namun toksisitasnya relatif lebih rendah dibanding krioprotektan sintetik lainnya seperti DMSO. Dengan demikian maka, kombinasi madu dan methanol memperlihatkan hasil yang terbaik dibandingkan dengan kombinasi krioprotektan yang digunakan pada penelitian sebelumnya.

Simpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa kombinasi larutan madu 0,1 % dan metanol 10% merupakan krioprotektan yang efektif bagi penyimpanan sperma ikan botia (*Chromobotia macracanthus*) pada suhu-80 °C selama 48 jam.

Persantunan

Penelitian ini dibiayai oleh Universitas Indonesia dengan nomor kontrak 609/UN2.R3.1/HKP.05.00/2017. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada bapak Taryana dan ibu Asri Martini yang telah membantu menyiapkan peralatan dan bahan penelitian, serta bak pemeliharaan ikan.

Daftar pustaka

- Abinawanto, Nurman K, Lestari R. 2012a. The effect of sucrose on sperm quality of Goramy fish, *Osphronemus goramy* Lacepede, 1801 two days post cryopreservation. *Journal of Agricultural Science and Technology. B.*, 2(2B):204-207.
- Abinawanto, Anindita I, Lestari R. 2012b. Cryopreservation of spermatozoa of *Osphronemus goramy* fish using skim milk. *International Journal of Engineering and Innovation Technology*, 2(5): 62-4.
- Abinawanto, Pratiwi IA, Lestari R. 2017a. Sperm motility of giant gourami (*Osphronemus goramy*, Lacepede, 1801) at several concentrations of honey combined with DMSO after short-term storage. *AACL Bioflux*, 10(2): 156-163.
- Abinawanto A, Putri PE. 2017b. Goramy spermatozoa quality after subzero freezing: the role of coconut water as the cryoprotectant. *Cell Biology and Development*, 1(1): 1-5.
- Abinawanto, Rahayu S, Lestari R. 2013. Cryopreservation of Java barb (*Barbonymus gonionotus*) spermatozoa using egg yolk as a cryoprotectant. *Global Veterinaria*, 10(3): 318-321.
- Abinawanto, Zuraida, Lestari R. 2016. The effect of skim milk combined with 5% of metanol on motility, viability, and abnormality of Java barb, *Barbonymus gonionotus* spermatozoa after 24 hours freezing. *AACL Bioflux*, 9(2): 326-333.
- Afros S, Ahmed N. 2016. Effect of degraded ecosystem on fish biodiversity in the Old Brahmaputra River, Bangladesh and Its conservation measures. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 10(9):37-43.
- Agarwal NK. 2011. Cryopreservation of fish semen. In: Bhatt JP, Thapliyal M, Thapliyal A (Editors). *Himalayan Aquatic Biodiv Conservation & New Tools in Biotechnology*. Transmedia Publication, Srinagar (Garhawal) Uttarakhand, India. pp. 104-127.
- Anil S. 2013. Development of invitro culture and cryopreservation protocol for Zebrafish (*Danio rerio*) ovarian tissue fragments. PhD thesis. University of Bedfordshire. 198 p.
- Anil S, Ghafari F, Zampolla T, Rawson DM, Zhang T. 2011. Studies on cryoprotectant toxicity to zebrafish (*Danio rerio*) ovarian tissue fragment. *CryoLetters*, 32(1): 40-50.
- Akçay E, Bozkurt Y, Secer S, Tekin N. 2004. Cryopreservation of mirror carp semen. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28(5): 837-43.
- Bernáth G, Bokor Z, Žarski D, Várkonyi L, Hegyi A, Staszny A, Urbányi B, Ifj JR, Horváth, A. 2016. Commercial-scale out-of-season cryopreservation of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) sperm and its application for fertilization. *Animal Reproduction Science*, 170:170-177.
- Best BP. 2015. Cryoprotectant toxicity: facts, issues, and questions. *Rejuvenation Research*, 18(5): 422-36.
- Boryshpolets S, Sochorová D, Rodina M, Linhart O, Dzyuba B. 2017. Cryopreservation of carp (*Cyprinus carpio* L.) sperm: impact of seeding and freezing rates on post-thaw outputs. *Biopreservation and Biobanking*, 15(3): 234-40.
- Bozkurt Y, Seçer S, Tekin N, Akçay E. 2005. Cryopreservation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and mirror carp (*Cyprinus carpio*) sperm with glucose based extender. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 1(1): 21-25.
- Cabrita E, Sarasquete C, Martinez-Paramo S, Robles V, Beirao J, Peres-Carezales S, Herraes P. 2010. Cryopreservation of fish sperm: Applications and perspectives. *Journal of Applied Ichthyology*, 26(5): 623-635.
- Carmichael C, Westerfield M, Varga ZM. 2009. Cryopreservation and in vitro fertilization at the Zebrafish International Resource Center. *Methods in Molecular Biology* 546: 45-65.

- Chew C, Zulkafli AR. 2012. Sperm cryopreservation of some freshwater fish species in Malaysia. In: Igor I. Katkov (editor). *Current Frontiers in Cryopreservation*. Intech., 269–293.
- Ciereszko A, Dietrich GJ, Nynca J, Dobosz S, Zalewski T. 2014. Cryopreservation of rainbow trout semen using a glucosemethanol extender. *Aquaculture*, 420: 275-281.
- Dash SN, Routray P, Dash C, Guru BC, Swain P, Sarangi N. 2008. Use of the nontoxic cryoprotectant trehalose enhances recovery and function of fish embryonic stem cells following cryogenic storage. *Current Stem Cell Research & Therapy*, 3(4): 277-287.
- Dey A, Barat S. 2015. Spawning biology and captive breeding of vulnerable loach *Botia histrionica* (Blyth) in Cooch Behar, West Bengal, India. *Journal of Experimental Biology*, 5(10): 46-48.
- Dey A, Sarkar D, Barat S. 2015. Spawning biology, embryonic development and captive breeding of vulnerable loach *Botia dario* (Hamilton). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3:183–188.
- Figueroa E, Farias JG, Lee-Estevez M, Valdebenito I, Risopatrón J, Magnotti C, Romero J, Watanabe I, Oliveira RPS. 2018. Sperm cryopreservation with supplementation of α -tocopherol and ascorbic acid in freezing media increase sperm function and fertility rate in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 493: 1-8.
- Figueroa E, Valdebenito I, Merino O, Ubilla A, Risopatrón J, Farias JG. 2016. Cryopreservation of Atlantic salmon *Salmo salar* sperm: effects on sperm physiology. *Journal of Fish Biology*, 89(3):1537-1550.
- Gil HW, Lee TH, Park IS. 2017. Effects of Cryoprotectants and Diluents on the Cryopreservation of Spermatozoa from Far Eastern Catfish, *Silurus asotus*. *Development & Reproduction*, 21(1): 71.
- Gupta N, Sivakumar K, Mathur VB, Chadwick MA. 2015. Terrestrial protected areas and managed reaches conserve threatened freshwater fish in Uttarakhand, India. *Parks*, 21(1): 89-101.
- Harvey B. 1983. Cryopreservation of *Sarotherodon mossambicus* spermatozoa. *Aquaculture*, 32(3-4): 313–20.
- Harvey B, Ashwood-Smith MJ. 1982. Cryoprotectant penetration and supercooling in the eggs of salmonid fishes. *Cryobiology*, 19(1): 29–40.
- Hezavehei M, Mohsen S, Kouchesfahani HM, Henkel R, Agarwal A, Esmaeili V, Shahverdi A. 2018. Sperm cryopreservation: A review on current molecular cryobiology and advanced approaches. *Reproductive BioMedicine Online*, 37(3): 327-339.
- Horvath L, Miskolczi E, Urbanyi B. 2003. *Cryopreservation of common carp sperm*. *Aquatic Living Resources*, 16(5):457-460.
- Horvath Á, Miskolczi E, Mihálffy S, Ősz K, Szabó K, Urbányi B. 2007. Cryopreservation of common carp (*Cyprinus carpio*) sperm in 1.2 and 5 ml straws and occurrence of haploids among larvae produced with cryopreserved sperm. *Cryobiology*, 54(3): 251-257.
- Hossain Md Y, Hossen Md A, Ahmed ZF, Yahya K, Rahman Md M, Ahmed F, Ohtomi J. 2015. Threatened fishes of the world: *Botia dario* (Hamilton, 1822) (Cypriniformes: Cobitidae). *Croatian Journal of Fisheries*, 73(2): 86 – 88
- Hossain Md Y, Hossen Md A, Pramanik Md NU, Nawar F, Rahman Md M, Sarmin, S, Khatun D, Bahkali AH, Ergoban AM, Yahya K. 2017. Life-History Traits of the Endangered Carp *Botia dario* (Cyprinidae) from the Ganges River in Northwestern Bangladesh. *Pakistan Journal of Zoology*, 49(3): 801-809
- Hossen Md A, Hossain Md Y, Pramanik Md NU, Nawar F, Khatun D, Parvin MF, Rahman Md M. 2016. Morphological characters of *Botia lohachata*. *Journal of Coastal Life Medicine*, 4(9): 689-692
- Indonesian Biodiversity Strategy and Action Plan (IBSAP). 2003. National document. National Development Planning Agency (Bappenas):. Indonesia 160 p
- Islam Md A, Asif A Al, Samad Md A, Sarker B, Ahmed M, Satter AMA, Hossain AA. 2017. Comparative study on fish biodiversity with conservation measures of the Bhairabriver, Jessore, Bangladesh. *Journal of Medical and Biological Research*, 3(3): 357-67.
- Jang TH, Park SC, Yang JH, Kim JY, Seok JH, Park US, Choi CW, Lee SR, Han J. 2017. Cryopreservation and its clinical

- applications. *Integrative Medicine Research*, 6(1): 12-8.
- Kottelat M. 2013. The fishes of the inland waters of southeast asia: a catalogue and core bibliography of the fishes known to occur in freshwaters, mangroves and estuaries. *The Raffles Bulletin Supplement Zoology*, 27: 1–663
- Kottelat M, Whitten AJ, Kartikasari SN, Wirjo-atmodjo S. 1996. Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi. Periplus Ltd. Jakarta: 221 p
- Kutluyer F, Kayim M, Öğretmen F, Büyükleblebici S, Tuncer PB. 2014. Cryopreservation of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* spermatozoa: effects of extender supplemented with different antioxidants on sperm motility, velocity and fertility. *Cryobiology*, 69(3): 462-466.
- Lahnsteiner F, Mansour N, Weismann T. 2002. The cryopreservation of spermatozoa of the burbot, *Lota lota* (Gadidae, Teleostei). *Cryobiology*, 45(3): 195–203.
- Lakra WS, Sarkar UK, Kumar RS, Pandey A, Dubey VK, Gusain OP. 2010. Fish diversity, habitat ecology and their conservation and management issues of a tropical River in Ganga basin, India. *The Environmentalist*, 30(4): 306-19.
- Legendre M, Satyani D, Subandiyah S, Sudarto, Pouyaud L, Baras E, Slembrouck J. 2012. Biology and culture of the clown loach *Chromobotia macracanthus* (Cypriniformes, Cobitidae): 1-Hormonal induced breeding, unusual latency response and egg production in two populations from Sumatra and Borneo Islands. *Aquatic Living Resources*, 25(2): 95–108
- Magyary I, Urbanyi B, Horvath L. 1996. Cryopreservation of common carp (*Cyprinus carpio* L.) sperm II. Optimal conditions for fertilization. *Journal of Applied Ichthyology*, 12(2):117-9.
- Matthews JL, Murphy JM, Carmichael C, Yang H, Tiersch T, Westerfield M, Varga ZM. 2018. Changes to extender, cryoprotective medium, and in vitro fertilization improve zebrafish sperm cryopreservation. *Zebrafish*, 15(3): 279-290.
- Muchlisin ZA. 2005. Current status of extenders and cryoprotectants on fish spermatozoa cryopreservation. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 2005; 6(1): 66-69.
- Muchlisin ZA, Hashim R, Chong, AS. 2004. Preliminary study on the cryopreservation of tropical bagrid catfish (*Mystus nemurus*) spermatozoa; the effect of extender and cryoprotectant on the motility after short-term storage. *Theriogenology*, 62(1-2): 25–34.
- Muchlisin ZA, Nadiyah WN, Nadiya N, Fadli N, Hendri A, Khalil M, Siti-Azizah MN. 2015. Exploration of natural cryoprotectants for cryopreservation of African catfish, *Clarias gariepinus*, Burchell 182 (Pisces: Clariidae) spermatozoa. *Czech Journal of Animal Sciences*, 60(1): 10-5.
- Muchlisin ZA, Nadiya N, Nadiyah WN, Musman M, Siti-Azizah MN. 2010. Preliminary study on the natural extenders for artificial breeding of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *AACL Bioflux*, 3(2):119-124.
- Musthofa SZ, Wulandari R, Abinawanto A. 2018. Spawning biology and fertility of Clown Loach (*Chromobotia macracanthus* Bleeker 1852) in captivity. *Proceeding 3rd Int Symp Curr Progress in Math and Sci*. In AIP Conference Proceedings 2018. AIP Publishing LLC., 4 p.
- Muthmainnah CR, Eriani K, Hasri I, Irham M, Batubara AS, Muchlisin ZA. 2018. Effect of glutathione on sperm quality after short-term cryopreservation in seurukan fish *Osteochilus vittatus* (Cyprinidae). *Theriogenology*, 122: 30-34.
- Negus MT. 2008. Salmonid sperm cryopreservation techniques. Minnesota Department of Natural Resources. Division of Fish and Wildlife, Section of Fisheries. 167 p.
- Ng PKL, Tan HH. 1997. Freshwater fishes of Southeast Asia: potential for the aquarium fish trade and conservation issues. *Aquarium Sciences and Conservation*. 1997, 1(2): 79-90.
- Olanrewaju AN, Kareem OK, Orisasona O. 2015. Cryopreservation: A Viable Tool for Sustainable Catfish Aquaculture Industry in Nigeria. *Journal Fisheries Livestock Production*, 3(149): 4 p.
- Omitogun OG, Olaniyan OG, Oyeleye OF, Ojiokpota OO, Aladele C, Odofin SE, Odoflin WT. 2010. Potentials of short term

- and long term cryopreserved sperm of the African giant catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) for aquaculture. *African Journal of Biotechnology*, 9(41): 6973-6982
- Onrizal, Kusmana C, Saharjo BH, Handayani IP, Kato T. 2005. Social Environmental Issues of Danau Sentarum National Park, West Kalimantan. *Biodiversitas*, 6(3): 220-223.
- Perchec G, Jeulin C, Cosson J, André F, Billard R. 1995. Relationship between sperm ATP content and motility of carp spermatozoa. *Journal of Cell Science*, 108(2): 747-53.
- Permana A, Alimuddin, Hadi W, Priyadi A. 2015. Growth response of clown loach (*Chromobotia macracanthus* Bleeker 1852) juveniles immersed in water containing recombinant growth hormone. *Indonesian Aquaculture Journal*, 10(2): 125-130.
- Putra HFE, Sugianto S, Rahardjo P, Permana A. 2019. The artificially spawning of botia Fish (*Chromobotia macracanthus* Bleeker) with HCG (Human Chorionic Gonadotrophin) and LHRH-a (Luteinizing Hormone Releasing Hormone Analog) injection. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 6(3): 101-6.
- Raghavan R, Dahanukar N, Tlustý M, Rhyne A, Kumar K, Molur S, Rosser AM. 2013. Uncovering an obscure trade: Threatened freshwater fishes and the aquarium pet markets. *Biological Conservation*, 164: 158-69.
- Rebocho SRDMV. 2018. Development of a new ultrafast freezing procedure for zebrafish sperm cryopreservation (Doctoral dissertation).
- Riesco MF, Oliveira C, Soares F, Gavaia PJ, Dinis MT, Cabrita E. 2017. *Solea senegalensis* sperm cryopreservation: New insights on sperm quality. *PLoS One*, 12(10): 1-19.
- Robles V, Cabrita E, Cuñado S, Herráez MP. 2003. Sperm cryopreservation of sexreversed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): parameters that affect its ability for freezing. *Aquaculture*, 224(1-4): 203-212.
- Sakri FM. 2015. Honey and its efficacy: Healthy supplement without side effect. 1st Print. Diandra Indonesian Library, Yogyakarta. 84 p
- Satyani, D., H. Mundriyanto, S. Subandiyah, Chumaidi, Sudarto, P. Taufik, J. Slembrouck, M. Legendre & L. Pouyaud. 2006. *Teknologi Pembenihan ikan hias botia (Chromobotia macracanthus Bleeker) skala laboratorium*. Loka Riset Ikan Air Tawar. Depok: 19 hlm.
- Sieme H, Oldenhof H, Wolkers WF. 2016. Mode of action of cryoprotectants for sperm preservation. *Animal Reproduction Science*, 169: 2-5.
- Stoss J, Donaldson EM. 1983. Studies on Cryopreservation of eggs from rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture*, 31(1): 51-65.
- Sunarma A, Hastuti DW, Sistina Y. 2007. Combination effect of honey with different cryoprotectant on spermatozoa of the Indonesian shark minnow, *Osteochillus hasseltii* Valenciennes, 1842] after cryopreservation. *Proceeding Indonesian Aquaculture Conference 2007*, Surabaya, June 5-7, 2007. Indonesian Aquaculture Society, 1-9.
- Szurek EA, Eroglu A. 2011. Comparison and avoidance of toxicity of penetrating cryoprotectants. *PloS One*, 6(11): 27604.
- Tan HH, Kottelat M. 2009. The fishes of the Batang Hari drainage, Sumatra, with description of six new species. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 20(1): 13-69.
- Tekin N, Secer S, Akcay E, Bozkurt Y. 2003. Cryopreservation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) semen. *Israeli Journal of Aquaculture*, 55(3): 208-212.
- Tiersch TR. 2008. Strategies for commercialization of cryopreserved fish semen. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37: 1-19.
- Tlustý MF, Dowd S, Raghavan PR. 2008. Saving forest through fisheries-ornamental Fisheries as means to avoid deforestation. *Ornamental Fish International Journal*, 56: 21-5.
- Tsai S, Lin C. 2012. Advantages and applications of cryopreservation in fisheries science. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(3): 425-34.

- Ugwu SI, Kowalska A, Morita M, Kowalski RK. 2018. Application of glucosemethanol extender to cryopreservation of Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*) sperm. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(1): 41-50.
- Viveiros ATM, So N, Komen J. 2000. Sperm cryopreservation of African catfish, *Clark garienus*: Cryoprotectants, freezing, and sperm dilution ratio. *Theriogenology*, 54(9): 1395-1408.
- Withler FC. 1982. Cryopreservation of spermatozoa of some freshwater fishes cultured in South and Southeast Asia. *Aquaculture*, 26(3-4): 395-398
- Yang H, Tiersch TR. 2009. Current Status of Sperm Cryopreservation in Biomedical Research Fish Models: Zebrafish, Medaka, and Xiphophorus. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 149(2): 224-232.

Beberapa aspek biologi reproduksi ikan nilem, *Osteochilus vittatus* Valenciennes, 1842) di perairan Waduk Benanga, Kalimantan Timur

[Some reproductive biology aspects of bonylip barb (*Osteochilus vittatus* Valenciennes, 1842) in the waters of Benanga Reservoir, East Kalimantan]

Jusmaldi*, Nova Hariani, Medi Hendra, Nikmahtulhaniah Ayu Wulandari, Sarah

Program Studi Biologi FMIPA Universitas Mulawarman Samarinda
Jln. Barong Tongkok, Kampus Gunung Kelua Samarinda 75123
aldi_jus@yahoo.co.id, nova_hariani@fmipa.unmul.ac.id, medihendra@fmipa.unmul.ac.id,
haniwulandari28@gmail.com, zharahjha23@gmail.com

Diterima: 06 Juli 2020; Disetujui: 01 September 2020

Abstrak

Ikan nilem (*Osteochilus vittatus* Valenciennes, 1842) merupakan jenis ikan air tawar famili Cyprinidae asli perairan Indonesia. Saat ini, ikan nilem di perairan Waduk Benanga Kalimantan timur telah dieksploitasi lebih. Karena itu diperlukan pengelolaan di alam agar stok ikan tersebut tetap terjaga; dengan melakukan kajian aspek biologi reproduksi. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis aspek biologi reproduksi mencakup nisbah kelamin, kematangan gonad berkaitan dengan musim, ukuran ikan kali pertama matang gonad, musim pemijahan, fekunditas dan tipe pemijahan sebagai informasi dasar dalam pengelolaannya. Penangkapan ikan dilakukan selama 5 bulan, dari Januari hingga Mei 2019 dan dilaksanakan pada minggu ketiga setiap bulannya di tiga stasiun. Contoh ikan ditangkap dengan menggunakan jaring insang eksperimental berukuran mata jaring 1; 1,5; 2; dan 3 inci. Jumlah total ikan nilem yang tertangkap 278 ekor terdiri atas 92 jantan dan 186 betina. Nisbah kelamin ikan jantan dan betina pada tahap matang gonad 1: 2,4. Panjang kali pertama matang gonad pada jantan rata-rata 136,08 mm dan betina rata-rata 137,38 mm. Puncak pemijahan terjadi saat musim penghujan di bulan Mei dengan nilai persentase TKG IV >90%, IKG jantan 6,88% dan IKG betina 13,16%. Fekunditas total berkisar 7312-22.923 butir individu⁻¹ dan diameter telur berkisar 0,6-1,94 mm. Sebaran diameter telur menunjukkan pola pemijahan serempak. Strategi pengelolaan yang disarankan adalah penggunaan ukuran mata jaring di atas 2 inci, pembatasan penangkapan ikan pada puncak pemijahan pada bulan Mei, pelarangan alat tangkap menggunakan listrik dan perlindungan Waduk Benanga dari erosi

Kata penting: fekunditas, ikan nilem, kematangan gonad, nisbah kelamin, tipe pemijahan

Abstract

Bonylip barb (*Osteochilus vittatus* Valenciennes, 1842) that belongs to the Cyprinidae family is one of the native freshwater fishes in Indonesian waters. Currently, status of this species in Benanga Reservoir, East Kalimantan is in over-exploited. Fish resources management, therefore, is needed to maintained fish stock in the reservoir based on fish reproductive biology aspects. The purpose of this study was to analyze some aspects of the reproductive biology including sex-ratio, gonad maturity, length at first gonad maturity, spawning season, fecundity, and spawning patterns as basic information for its management. Fish collection was carried out monthly on the third week from January to May 2019 at three stations. The fish samples were captured by using experimental gill nets with mesh size of 1; 1.5; 2; and 3 inches. A total of 278 bonylip barb was caught, consist of 92 males and 186 females. Sex ratio of male and female in the gonad mature stage was 1: 2.4. The average length at first gonad maturity in male and female were 136.08 mm and 137.38 mm, respectively. Peak of spawning occurs during the rainy season in May, with more than 90% of fish in mature stage with GSI in male and female were 6.88%, 13.16% respectively. Total fecundity ranged from 7312-22923 eggs individual⁻¹ and egg diameter ranged from 0.6-1.94 mm. According to distribution of egg diameter, bonylip barb was categorized as a total spawner. Some management strategies that can be carried out are using fishing gears with mesh size above 2 inches, limiting fishing activities in the peak of the spawning season, prohibiting fishing gear using electric shocker and protection the reservoir from erosion.

Keywords: fecundity, bonylip barb, gonad maturity, sex ratio, spawning tipe

Pendahuluan

Waduk Benanga merupakan perairan umum daratan yang dibangun sejak tahun 1977 dengan luas genangan $\pm$ 250 Ha, berlokasi di bagian hulu Sungai Karang Mumus, sekitar 15 Km arah Utara

Kota Samarinda, Kalimantan Timur. Secara topografi Waduk Benanga berupa lembah terbuka dan di bagian sisi-sisinya terdapat perbukitan rendah. Peran waduk ini sebagai sarana pengendali banjir, sumber air bersih, dan irigasi

pertanian. Selain itu perairan ini juga dimanfaatkan oleh masyarakat lokal sebagai tempat budidaya dan lokasi penangkapan ikan (Setiawan *et al.* 2017).

Beberapa jenis ikan yang umum ditemukan di perairan Waduk Benanga berdasarkan pengamatan langsung terhadap hasil tangkapan nelayan adalah ikan nilem (*Osteochilus vittatus* Valenciennes, 1842); sepat siam (*Trichopodus pectoralis* Regan, 1910); sepat rawa (*Trichopodus trichopterus* Pallas, 1770), nila (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) dan biawan (*Helostoma temminckii* Cuvier, 1829). Ikan nilem termasuk jenis ikan famili Cyprinidae, merupakan ikan asli perairan Indonesia yang tersebar di Sumatera, Jawa dan Kalimantan (Kottelat 2013). Masyarakat lokal di perairan Waduk Benanga memanfaatkan ikan nilem tersebut sebagai ikan dikonsumsi baik daging dan telurnya, selain juga diperdagangkan.

Ikan nilem merupakan salah satu komoditas ikan air tawar yang sangat potensial dikembangkan menjadi produk unggulan budi daya perikanan (Jubaedah & Hermawan 2010). Nilai ekonomis ikan nilem meningkat jika dijadikan produk olahan yang populer disebut *baby fish* (Rahardjo & Marliani 2007). Selain dagingnya, telur ikan nilem juga digemari oleh masyarakat karena rasanya yang lezat dan mempunyai peluang sebagai komoditas ekspor (Subagja *et al.* 2006; Winarlin *et al.* 2006). Selain itu, dari sisi ekologis ikan nilem yang merupakan pemakan detritus dan perifiton berguna sebagai pembersih perairan yang mengalami ledakan (*blooming*) fitoplankton (Syandri 2004).

Seiring dengan berjalannya waktu, tingginya aktifitas pemanfaatan Waduk Benanga oleh masyarakat mengakibatkan kondisi waduk secara ekologis mulai berubah, ditandai dengan

penurunan volume air akibat erosi dan sedimentasi, peningkatan kekeruhan air serta tingginya pertumbuhan gulma. Setiawan *et al.* (2017) menemukan erosi di sekitar perairan Waduk Benanga disebabkan oleh faktor pengelolaan lahan pertanian, pembukaan lahan pertambangan batubara dan peningkatan kebutuhan infrastruktur. Kjelland *et al.* (2015) menyatakan peningkatan kekeruhan air dapat menyebabkan pengaruh biologis pada ikan seperti gangguan migrasi dan pemijahan, pola pergerakan, penurunan keberhasilan penetasan telur, kematian, serta pengaruh subletal seperti kerentanan terhadap penyakit dan pertumbuhan.

Menurut informasi dari masyarakat nelayan, hasil tangkapan ikan nilem di perairan Waduk Benanga mulai mengalami penurunan jumlah dan ukuran dari tahun ke tahun, akibat adanya penangkapan ikan yang tidak selektif, penggunaan alat tangkap menggunakan listrik, dan pendangkalan waduk akibat erosi dan sedimentasi (komunikasi pribadi dengan Rahman nelayan lokal). Sementara di sisi lain penelitian ilmiah sebagai dasar pengelolaan ikan nilem di perairan ini masih sedikit diketahui.

Untuk menjaga kelestarian dan pemanfaatan ikan berkelanjutan diperlukan usaha pengelolaan dan konservasi. Kebijakan pengelolaan dan konservasi memerlukan informasi ilmiah sebagai dasar pertimbangan pengelolaan salah satunya adalah informasi mengenai siklus biologi reproduksi. Menurut Tomkiewicz *et al.* (2003) informasi aspek biologi reproduksi ikan dan faktor-faktor lingkungan yang memengaruhinya merupakan hal yang penting dalam biologi perikanan. Beberapa informasi penting akan diperoleh dengan mempelajari biologi reproduksi ikan antara lain adalah nisbah kelamin, tahap perkembangan gonad, indeks kema-

tangan gonad, ukuran ikan kali pertama matang gonad, fekunditas, tipe pemijahan dan waktu pemijahan.

Penelitian terkait aspek biologi ikan nilem di Indonesia telah dilakukan di wilayah Jawa, Sumatera dan Sulawesi, seperti aspek biologi reproduksi (Andy Omar 2010; Putri *et al.* 2015; Syandri *et al.* 2015; Rostika *et al.* 2017), aspek kebiasaan makan (Muryanto & Sumarno 2014) dan aspek morfologi (Azrita *et al.* 2014). Hingga saat ini penelitian aspek biologi reproduksi ikan nilem di perairan Kalimantan Timur belum pernah dilaporkan.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis aspek biologi reproduksi ikan nilem yang mencakup nisbah kelamin, tingkat kematangan gonad, indeks kematangan gonad berkaitan dengan musim, ukuran ikan kali pertama matang gonad, waktu pemijahan, fekunditas, dan tipe pemijahan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat

digunakan sebagai dasar ilmiah dalam menyusun langkah pengelolaan ikan nilem di Waduk Benanga agar tetap lestari.

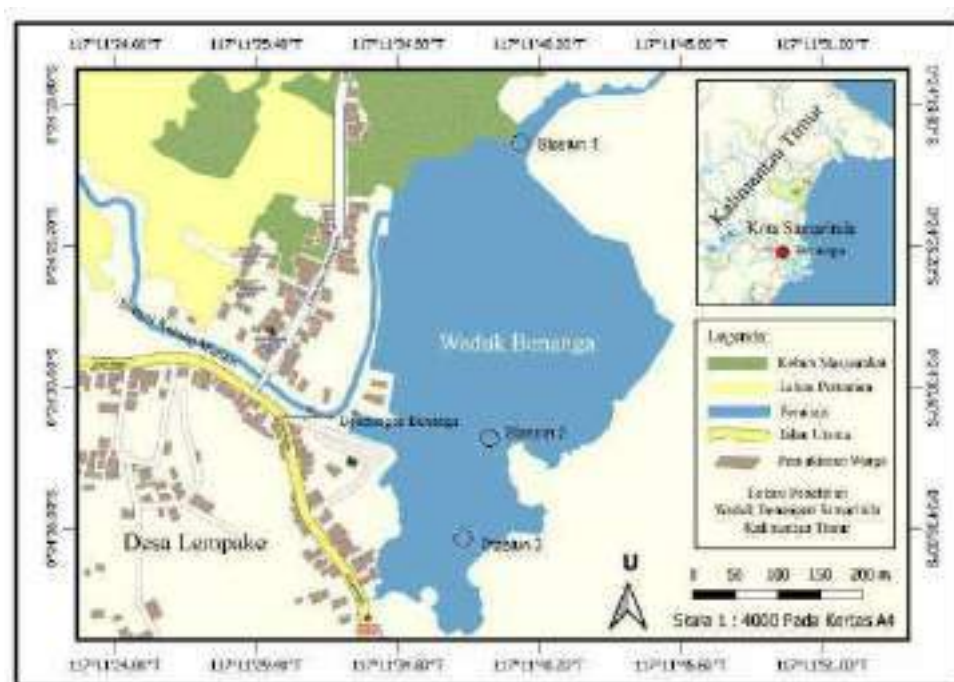
Bahan dan metode

Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai dari Januari sampai Mei 2019, bertempat di tiga stasiun di perairan Waduk Benanga (Gambar 1). Data ikan yang diperoleh dianalisis di Laboratorium Biologi Dasar, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman Samarinda.

Penangkapan dan pengawetan ikan

Penangkapan ikan nilem dilakukan setiap bulannya pada minggu ketiga pada tiga stasiun yang sudah ditentukan. Penentuan stasiun didasarkan pada lokasi yang diperkirakan tempat ikan nilem bergerombol dan kemudahan dalam pemasangan jaring insang.



Gambar 1. Peta lokasi stasiun penelitian Waduk Benanga, Samarinda Kalimantan Timur. Stasiun 1. inlet Waduk Benanga; stasiun 2. di sekitar karamba jaring apung; stasiun 3. lokasi nelayan setempat menangkap ikan. Sumber peta: <https://www.google.com>.

Stasiun 1 berlokasi di sekitar inlet Wa-duk Benanga yang berasal dari Sungai Pampang Kiri (hulu Sungai Karang Mumus) dengan posisi koordinat $0^{\circ} 24' 20.80''$ LS dan $117^{\circ} 11' 38.66''$ BT. Lokasi ini memiliki lubuk dengan kedalaman air 2-2,5 m, substrat dasar pasir berlumpur, berarus lambat, air keruh pada waktu musim penghujan, di badan perairan terdapat tumbuhan air dan di bagian tepi ditumbuhi vegetasi hutan dan kebun masyarakat.

Stasiun 2 berlokasi di sekitar karamba jaring apung milik nelayan, dengan posisi koordinat $0^{\circ} 24' 33.47''$ Lintang Selatan dan $117^{\circ} 11' 37.82''$ Bujur Timur. Lokasi ini memiliki kedalaman air 1,5-2 m, substrat berlumpur, berarus tenang, air jernih, ditemukan tumbuhan air yang mengapung dan tenggelam serta sisa sisa pelet pakan ikan yang berasal dari karamba jaring apung.

Stasiun 3 berlokasi di sekitar tempat nelayan memasang perangkap ikan, dengan posisi koordinat $0^{\circ} 24' 36.84''$ Lintang Selatan dan $117^{\circ} 11' 36.74''$ Bujur Timur. Lokasi ini memiliki kedalaman air 1-2,5 m, substrat berlumpur, air jernih dan arus tenang, terdapat tumbuhan air yang mengapung dan tenggelam serta di beberapa tempat ditemukan tumbuhan rawa dan beberapa lubuk-lubuk kecil.

Alat tangkap yang digunakan adalah jaring insang eksperimental berukuran mata jaring 1; 1,5, 2, dan 3 inci dengan panjang 10 m dan tinggi 1,5 m. Pengambilan contoh ikan dilakukan dua kali sehari selama 3 hari pada setiap bulan, dilaksanakan di minggu ketiga, mulai dari bulan Januari hingga Mei 2019. Pemasangan jaring insang dilakukan pada pagi hari mulai pukul 06.00-10.00 WITA dan siang hari pukul 12.00-16.00 WITA. Pengecekan jaring insang dilakukan setiap 2 jam sekali. Jumlah ikan nilem yang dikoleksi sebanyak yang tertangkap pada setiap

bulannya. Ikan nilem yang tertangkap pada jaring insang ditampung di dalam kotak *styrofoam* yang diisi dengan potongan es. Contoh ikan difoto menggunakan kamera merk Cannon.

Pengukuran dan penimbangan ikan

Panjang total ikan diukur mulai dari ujung rahang terdepan hingga ujung sirip ekor, menggunakan kaliper digital dengan ketelitian 0,01 mm. Bobot ikan ditimbang menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 g, sedangkan bobot gonad ditimbang dengan menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,0001 g.

Jenis kelamin dan tingkat kematangan gonad

Jenis kelamin (testis dan ovarium) ditentukan dengan melihat morfologis gonad dengan cara dibedah. Tingkat kematangan gonad (TKG) ditentukan menurut klasifikasi Andy Omar (2010), berdasarkan bentuk, warna, ukuran, serta perkembangan isi gonad. Bobot gonad pada masing-masing TKG ditimbang. Sebanyak 30 gonad betina dalam kondisi TKG IV diperiksa untuk perhitungan fekunditas dan pengukuran diameter telur.

Penghitungan fekunditas

Analisis fekunditas dilakukan pada gonad betina TKG IV (Murua & Saborido-Rey 2003). Sampel subgonad dari 30 gonad betina TKG IV diambil masing-masingnya di tiga bagian gonad (anterior, tengah dan posterior). Bagian sampel subgonad yang mengandung butir telur ditimbang sebanyak 0,1-0,2g menggunakan timbangan digital, selanjutnya butir telur tersebut diletakkan di dalam cawan petri berisi larutan etanol 60 ml, formaldehida 30 ml dan 10 ml asam asetat glasial. Larutan ini berfungsi untuk

mencuci lendir dan mencegah telur menempel, serta memudahkan pengamatan. Butir telur dihitung di bawah mikroskop cahaya stereo (Nikon, YS-100) menggunakan *hand tally counter*. Jumlah telur dan bobot dari tiga subgonad digunakan untuk menghitung fekunditas absolut dengan metode gravimetri (Biswas 1993).

Pengukuran diameter telur

Jumlah telur yang diukur diameternya dilakukan pada 30 gonad betina TKG IV. Sampel telur dari tiga bagian gonad (anterior, tengah dan posterior) diambil dan dimasukkan dalam cawan petri yang berisi larutan etanol 60 ml, formaldehid 30 ml dan asam asetat glasial 10 ml dan selanjutnya diaduk merata. Sebanyak 30 butir telur dari sampel subgonad yang telah diaduk merata diambil menggunakan kuas kecil dan disusun di permukaan gelas objek untuk diukur diameternya. Pengukuran diameter telur menggunakan mikroskop yang dilengkapi mikrometer okuler dan telah dikalibrasi pada perbesaran (5x10).

Data panjang total, bobot, jenis kelamin, tingkat kematangan gonad, diameter dan jumlah telur dicatat. Data tersebut digunakan untuk menganalisis ukuran panjang dan bobot, nisbah kelamin, indeks kematangan gonad, waktu pematangan, ukuran ikan kali pertama matang gonad, fekunditas dan tipe pematangan.

Pengukuran kualitas air

Pengukuran suhu air (°C), derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (mgL⁻¹) menggunakan alat pengukur kualitas air digital merk Lutron, kekeruhan air (NTU) menggunakan Turbidity meter merk Lutron, kecepatan arus menggunakan meteran dan bola pingpong, kedalaman air

menggunakan tongkat berskala. Pengukuran dilakukan *in situ* sebanyak tiga kali pada masing-masing stasiun (Bain & Stevenson 1999). Data curah hujan dan jumlah hari hujan diunduh dari laman Badan Meteorologi, Klima-tologi, dan Geofisika (BMKG) tersedia di laman <http://dataonline.bmkg.go.id/home>.

Analisis data

Nisbah kelamin ditentukan dengan menghitung jumlah ikan jantan dan betina dengan menggunakan rumus (Effendie 1979):

$$X = \frac{J}{B}$$

Keterangan: X= nisbah kelamin, J= jumlah ikan jantan (ekor), B= jumlah ikan betina (ekor).

Nisbah kelamin yang diperoleh diuji menggunakan *Chi-Square* (X²) pada taraf 95% untuk mengetahui keseimbangannya (Steel & Torrie 1993).

Indeks kematangan gonad dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Brown-Peterson *et al.* 2001):

$$IKG = [BG / (BT - BG) \times 100]$$

Keterangan: IKG= indeks kematangan gonad; BG= bobot gonad total (g); BT= bobot tubuh (g).

Pendugaan ukuran ikan kali pertama matang gonad dianalisis menggunakan rumus Spearman-Kärber (Udupa 1986):

$$m = \left[x_k + \left(\frac{x}{2} \right) - \left(x \sum p_i \right) \right]$$

$$M = \text{antilog } m \pm 1,96 \sqrt{x^2 - \sum \frac{(p_i x q_i)}{(n-1)}}$$

Keterangan: m= log panjang ikan pada kematangan gonad pertama; x_k= log nilai tengah kelas panjang yang terakhir ikan telah matang gonad; x= log pertambahan panjang pada nilai tengah; p_i= proporsi ikan matang gonad pada kelas panjang ke-i dengan jumlah ikan pada selang panjang ke-i; n_i= jumlah ikan pada kelas panjang ke-i; q_i= 1 – p_i; M= panjang ikan kali pertama matang gonad sebesar antilog m.

Perhitungan fekunditas ditentukan dengan rumus berikut:

$$F = \frac{G \times f}{g}$$

Data fekunditas yang diperoleh selanjutnya dikaitkan dengan panjang total dan bobot tubuh ikan menggunakan rumus Brodziak (2012) sebagai berikut :

$$F = aL^b \text{ or } \log F = \log a + b \log L$$

$$F = aW^b \text{ or } \log F = \log a + b \log W$$

Keterangan : F= fekunditas; G= bobot total gonad (gram); f= jumlah telur dalam subsampel gonad (butir); g= bobot subsampel gonad (g); L= panjang tubuh (mm); W= bobot tubuh (g); a= intersep; b= kemiringan

Frekuensi relatif sebaran diameter telur pada setiap selang kelas dihitung dengan menggunakan rumus:

$$FR = \frac{mi}{M} \times 100$$

Keterangan: FR=frekuensi relatif diameter telur, mi = jumlah diameter telur pada selang ke i ; M =jumlah total butir telur yang diperiksa.

Frekuensi relatif diameter telur pada masing-masing selang kelas dianalisis dalam bentuk grafik histogram. Perhitungan dibantu dengan menggunakan Microsoft Excel 2010.

Hasil

Jumlah, ukuran dan nisbah kelamin

Jumlah total ikan nilem yang tertangkap sebanyak 278 ekor, terdiri atas 92 ekor jantan (33,09%) dengan panjang 76,95-193,52 mm dan bobot 5,12-79,21 g, sedangkan betina sebanyak 186 ekor (66,91%) dengan panjang 72,21-196,57 mm, dan bobot 4,17-89,21 g (Tabel 1). Nisbah kelamin diperoleh 92 jantan : 186 betina atau 1 jantan : 2,02 betina. Uji *Chi-square* menunjukkan nisbah kelamin ikan nilem tersebut tidak seimbang atau $X^2_{hit} (31,78) > X^2_{tabel (db = 1)} (3,84)$ berbeda nyata pada taraf 95% dari nisbah 1:1.

Tingkat kematangan gonad dan ukuran ikan kali pertama matang gonad

Berdasarkan hasil pemeriksaan tingkat kematangan gonad (TKG) ditemukan ukuran terkecil ikan jantan matang gonad adalah 106,26 mm dan bobot 14,37 g, sedangkan betina 111,71 mm dan bobot 15,90 g. Perhitungan dengan menggunakan metoda Spearman-Kärber diperoleh ukuran rata-rata ikan pertama kali matang gonad pada jantan 136,08 mm dengan kisaran 128,76-141,57 mm, sedangkan pada betina diperoleh rata-rata 137,38 mm dengan kisaran 128,60-141,64 mm. Angka ini menunjukkan ukuran panjang antara ikan jantan dan betina saat mencapai kali pertama matang gonad hampir sama (Gambar 2).

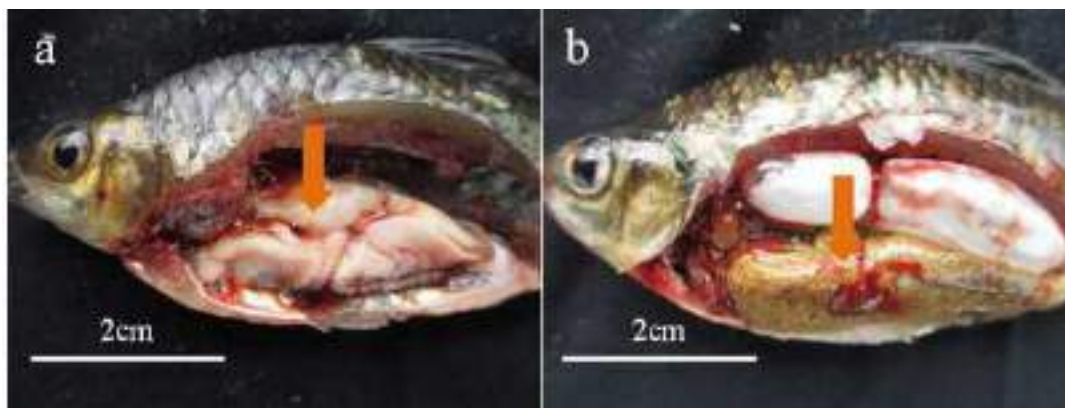
Frekuensi relatif ikan jantan matang gonad sebesar 75% dan belum matang gonad sebesar 25%, sedangkan ikan betina matang gonad sebesar 83,33% dan belum matang gonad sebesar 16,67%. Nisbah kelamin ikan jantan dan betina kondisi matang gonad tersebut selama bulan penangkapan adalah 1 : 2,4, dan secara statistik tidak seimbang $X^2_{hit} (28,82) > X^2_{tabel (db = 1)} (3,84)$ atau menyimpang dari nisbah 1:1 pada taraf kepercayaan 95%. Ikan nilem matang gonad (TKG IV) selalu ditemukan setiap bulan penangkapan, dengan rata-rata frekuensi pada jantan 75% dan betina 83,33%. Frekuensi ikan nilem jantan dan betina matang gonad tertinggi ditemukan >90% pada bulan Mei (Gambar 3).

Indeks kematangan gonad

Indeks kematangan gonad (IKG) ikan nilem jantan dan betina meningkat seiring dengan bertambahnya bobot gonad dan TKG, kecuali pada TKG V terjadi penurunan bobot testis dan ovari karena sel sperma dan sel telur telah

Tabel 1 Kisaran panjang dan bobot ikan nilem jantan dan betina di perairan Waduk Benanga

Bulan	Jantan			Betina		
	Jumlah	Panjang (mm)	Bobot (g)	Jumlah	Panjang (mm)	Bobot (g)
Jan'2019	20	120,29-167,66	19,33-54,14	40	72,21-171,39	4,17-66,86
Feb' 2019	11	76,95-165,98	5,12-45,08	24	73,82-176,06	4,37-56,71
Mar'2019	21	132,33-193,52	28,48-79,21	52	132,7-196,57	28,65-89,21
Apr'2019	30	76,99-155,96	5,20-46,59	36	96,4-183,24	10,56-69,61
Mei'2019	10	116,50-172,72	19,12-52,49	34	131,73-180,57	32,10-74,84
Jan-Mei	92	76,95-193,52	5,12-79,21	186	72,21-196,57	4,17-89,21



Gambar 2 Morfologi gonad ikan nilem jantan dan betina (a) testis dan (b) ovarium

dikeluarkan pada saat memijah. Indeks kema-tangan gonad ikan nilem jantan dan betina paling tinggi ditemukan pada TKG IV (Tabel 2). Keterkaitan rata-rata IKG dengan musim (curah hujan dan jumlah hari hujan) pada setiap bulan-nya (Gambar 4). Rata-rata IKG pada jantan lebih rendah dibandingkan betina. Nilai IKG jantan berkisar 3,47-6,88, sedangkan betina berkisar 7,36-13,16.

Nilai IKG tertinggi ditemukan pada bulan Mei (Jantan 6,88 dan betina 13,16). Pergerakan rata-rata IKG jika dihubungkan dengan musim (curah hujan dan jumlah hari hujan) menunjuk-kan rata-rata IKG ikan jantan dan betina meningkat dengan adanya peningkatan curah hujan dan jumlah hari hujan. Peningkatan rata-rata IKG pada ikan jantan dan betina paling

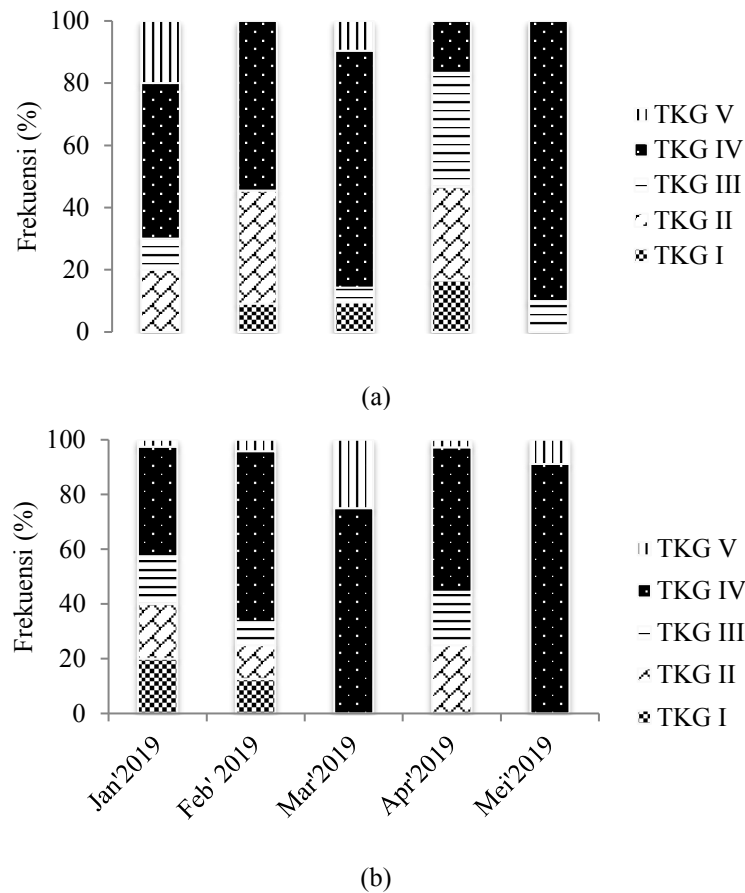
tinggi terjadi pada bulan Mei yang bersamaan dengan naiknya curah hujan dan jumlah hari hujan.

Fekunditas

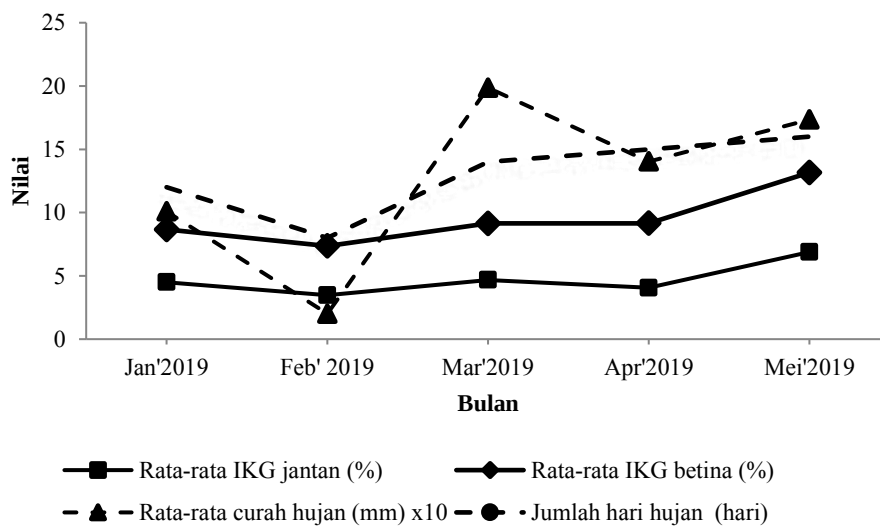
Fekunditas total ikan nilem berkisar 7.312-22.923 butir individu⁻¹ (n= 30 gonad) dengan ukuran panjang ikan berkisar 135,75-196,57 mm. Fekunditas terendah ditemukan pada ikan dengan kelas ukuran panjang 135,75-146,74 mm, sedangkan fekunditas tertinggi ditemukan pada ikan nilem dengan kelas ukuran panjang 190,75-201,74 mm. Jika nilai rata-rata fekunditas ikan dikaitkan dengan kelas panjang tubuh ikan terlihat adanya peningkatan rata-rata fekunditas dengan bertambahnya kelas ukuran panjang tubuh. Dengan demikian ikan dewasa matang

gonad berukuran lebih besar juga memiliki fekunditas yang lebih tinggi dibandingkan

dengan ikan yang berukuran lebih kecil (Gambar 5).



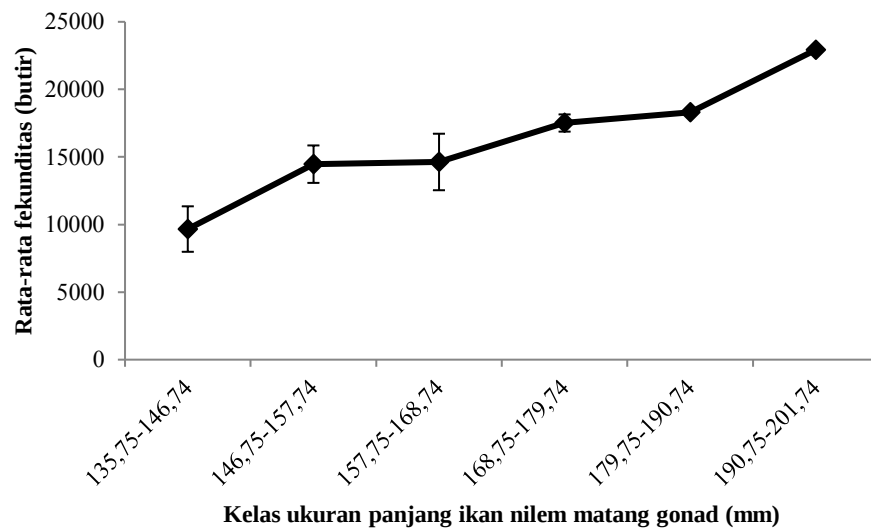
Gambar 3 Frekuensi tingkat kematangan gonad (TKG) ikan nilem (a) jantan (n= 92) dan (b) betina (n=186) di perairan Waduk Benanga, Kalimantan Timur



Gambar 4 Hubungan indeks kematangan gonad (IKG) ikan nilem dengan curah hujan dan jumlah hari hujan di perairan Waduk Benanga, Kalimantan Timur

Tabel 2 Indeks kematangan gonad (IKG) dan bobot gonad ikan nilem jantan dan betina di perairan Waduk Benanga, Kalimantan Timur

Kelamin	TKG	N	IKG			Bobot gonad (g)		
			Kisaran	Rataan	Simpangan baku	Kisaran	Rataan	Simpangan baku
Jantan	I	8	0,36-4,81	1,98	1,57	0,12-0,25	0,16	0,05
	II	15	0,37-6,57	2,34	1,97	0,12-1,03	0,31	0,27
	III	15	2,80-9,21	5,36	1,79	0,50-3,33	1,16	0,75
	IV	50	3,44-10,05	6,18	1,65	0,61-4,43	2,51	0,97
	V	4	0,39-6,61	2,87	2,88	0,19-1,95	0,93	0,84
Betina	I	11	1,39-2,99	2,41	0,43	0,10-0,30	0,15	0,08
	II	20	2,26-3,20	2,53	0,28	0,24-0,37	0,29	0,04
	III	16	4,10-11,42	7,17	2,43	0,47-3,95	1,18	0,85
	IV	120	2,89-24,62	13,22	3,49	1,31-15,34	5,84	2,61
	V	19	0,59-6,33	2,94	1,55	0,34-2,52	1,18	0,54



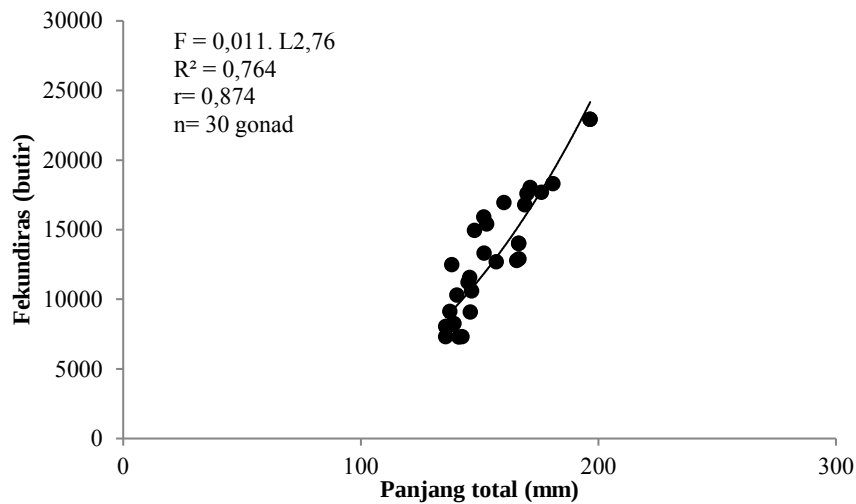
Gambar 5 Rata-rata fekunditas ikan nilem menurut kelas panjang

Model regresi hubungan fekunditas dan panjang tubuh adalah $F = 0,011$. $L^{2,76}$, sedangkan antara fekunditas dan bobot tubuh adalah $F = 307,7$. $W^{0,967}$ (Gambar 6 dan 7). Nilai koefisien korelasi (r) persamaan regresi antara fekunditas dan panjang tubuh adalah 0,874, sedangkan nilai koefisien korelasi antara fekunditas dan bobot tubuh adalah 0,869. Nilai koefisien korelasi antara fekunditas dan panjang tubuh serta fekunditas dan bobot tubuh diperoleh nilai cukup

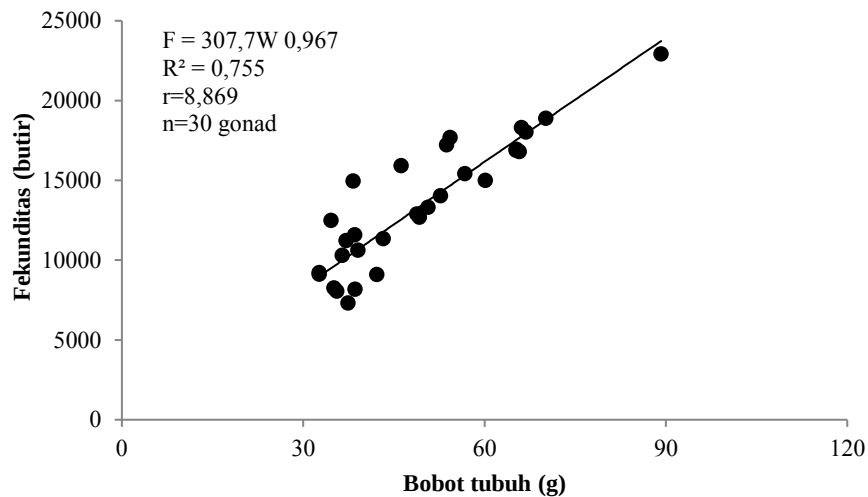
tinggi, sehingga kedua model regresi ini dapat digunakan untuk memprediksi fekunditas ikan nilem dari panjang dan bobot tubuhnya.

Sebaran diameter telur dan tipe pemijahan

Diameter telur ikan nilem yang diukur berkisar antara 0,6-1,94 mm ($n=900$ butir telur) dari 30 gonad betina TKG IV yang diperiksa. Analisis terhadap sebaran kelas diameter telur ditemukan ada 11 kelas ukuran. Berdasarkan



Gambar 6 Regresi hubungan fekunditas (butir) dan panjang (mm) ikan nilem



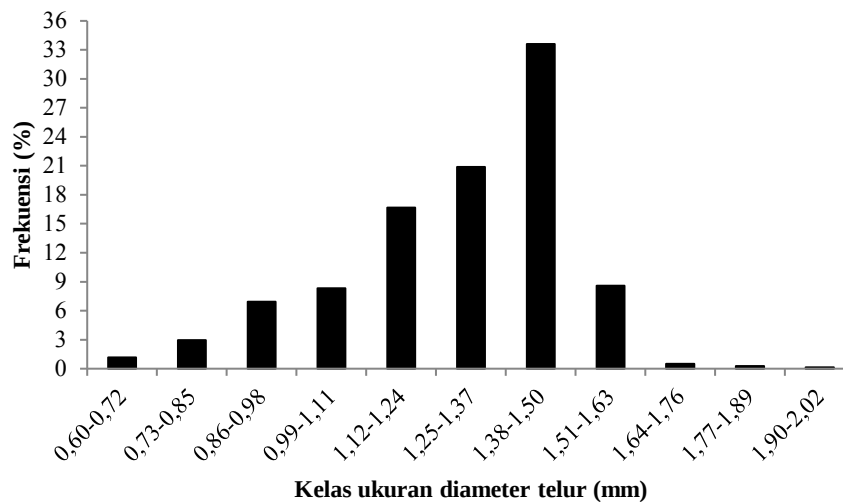
Gambar 7 Regresi hubungan fekunditas (butir) dan bobot (g) ikan nilem

sebarannya, hanya ada satu modus yang dominan yaitu kelas ukuran 1,38-1,50 mm dengan frekuensi 33,59%. (Gambar 8).

Kualitas air

Pengukuran kualitas perairan di Waduk Benanga menunjukkan suhu air berkisar 26,8-

28,5 °C, oksigen terlarut berkisar 3,9-5,1 mgL⁻¹, pH berkisar 6,27-7,32, kekeruhan berkisar 32,27-58,94 NTU. Kecepatan arus bervariasi berkisar 0,001-0,396 mdet⁻¹, kedalaman air 1,5-2,5 m, dengan substrat dasar berlumpur serta ditumbuhi tumbuhan air baik yang tenggelam maupun mengapung.



Gambar 8 Sebaran frekuensi kelas ukuran diameter telur ikan nilem matang gonad

Pembahasan

Kisaran panjang total dan bobot ikan nilem yang ditemukan di perairan Waduk Benanga lebih kecil jika dibandingkan dengan laporan dari beberapa peneliti. Andy Omar (2010) melaporkan panjang total ikan nilem berkisar 118-256 mm dan bobot 19,51-236,77g di perairan Danau Sidenreng, Sulawesi Selatan; Rochmatin *et al.* (2014) melaporkan kisaran panjang total ikan nilem berkisar 100-250 mm dan bobot 23-244,1 gram di perairan Rawa Pening, Kabupaten Semarang; Putri *et al.* (2015) melaporkan kisaran panjang total ikan nilem 110-227 mm dan bobot 15,79-171,43 g di Danau Telaga, Sulawesi Tengah. Syandri *et al.* (2015) melaporkan panjang total dan bobot ikan nilem dari beberapa perairan di Sumatera Barat, menemukan panjang total ikan nilem berkisar dari 125-246 mm dan bobot 74-214 g di Danau Singkarak, panjang berkisar 122-212 mm dan bobot 55,6-124,4 g di Sungai Antokan, panjang berkisar dari 160 – 262 mm dan bobot 112,9-277,3 g di Danau Koto Panjang. Data dari laman fishbase didapatkan panjang maksimal ikan ni-lem mencapai 320 mm (Froese & Pauly 2019).

Lebih kecilnya ukuran panjang dan bobot ikan nilem dalam penelitian ini (Tabel 1) dibandingkan dengan peneliti lainnya diduga diakibatkan oleh perbedaan kondisi lingkungan perairan terutama ketersediaan sumber makanan alami dan kualitas perairan. Jusmaldi & Hariani (2018) dalam penelitiannya pada ikan wader bintik (*Barbodes binotatus* Valenciennes, 1842) di Sungai Barambai Samarinda mengatakan salah satu faktor utama yang berpengaruh terhadap perbedaan ukuran panjang dan bobot ikan pada lokasi geografis berbeda disebabkan oleh perbedaan kualitas perairan. Selanjutnya Li & Gelwick (2005) mengemukakan ketersediaan sumber pakan alami pada perairan memberikan kondisi lingkungan yang lebih baik untuk pertumbuhan ikan.

Wootton & Smith (2015) mengatakan ada dua faktor utama penyimpangan nisbah kelamin ikan, pertama adalah *genetic sex determination* (GSD), yaitu perbedaan mortalitas antara jenis kelamin jantan dan betina yang ditentukan oleh faktor genetik; kedua adalah *enviromental sex determination* (ESD) yaitu kisaran faktor-faktor lingkungan yang memengaruhi nisbah kelamin

seperti: suhu, pH, laju pertumbuhan, kepadatan, kondisi hipoksia, dan predasi.

Dalam penelitian ini, dominasi jenis kelamin betina daripada jantan disebabkan oleh faktor kondisi perairan yang cukup baik, terlihat dari hasil pengukuran kualitas air terutama: suhu air berkisar 26,8-28,5°C, kandungan oksigen terlarut berkisar 3,9-5,1 mgL⁻¹, dan pH mendekati netral. Baroiller & Cotta (2001) menjelaskan dalam kondisi menguntungkan seperti: suhu lebih rendah dan pH mendekati netral, jenis kelamin ikan betina lebih dominan daripada jantan, namun sebaliknya peningkatan suhu lebih tinggi dapat menginduksi ekspresi gen 11 β -hidroksilase yang merupakan enzim kunci penghasil androgen 11-oxigenase penyebab maskulinisasi.

Ikan nilem kondisi matang gonad (TKG IV) selalu ditemukan setiap bulannya, dengan rata-rata frekuensi relatif 75% dan 83,33% pada jantan dan betina. Hal yang serupa juga dilaporkan oleh Andy Omar (2010) dan Putri *et al.* (2015) yang mencatat rata-rata frekuensi relatif ikan matang gonad adalah 53,15% dan 95,58% pada jantan dan 85,79% dan 92,28% pada betina. Berdasarkan frekuensi relatif ikan nilem matang gonad yang dominan ditemukan setiap bulannya, menunjukkan pemijahan ikan nilem di Perairan Waduk Benanga dapat terjadi setiap bulan dan frekuensi tertinggi terjadi pada bulan Mei (Gambar 3).

Indeks kematangan gonad ikan nilem berfluktuasi mengikuti rata-rata curah hujan dan jumlah hari hujan. Indeks kematangan gonad tertinggi pada kedua jenis kelamin terjadi bulan Mei pada saat curah hujan dan jumlah hari hujan meningkat (Gambar 4). Dengan indikasi TKG dan IKG tertinggi diperkirakan puncak pemijahan ikan nilem terjadi di bulan Mei. Jusmaldi *et*

al. (2019) juga mencatat peningkatan IKG dan TKG berkaitan dengan naiknya curah hujan dan jumlah hari hujan pada spesies ikan lais di rawa banjiran Sungai Mahakam. Selanjutnya Khelifi *et al.* (2019) mengatakan beberapa faktor lingkungan yang menyebabkan peningkatan IKG pada spesies *Carassius carassius* (Cyprinidae) pada awal musim hujan (Desember–April) di bendungan Beni Haroun, Algeria disebabkan oleh faktor perubahan suhu air, kenaikan permukaan air, dan penurunan konduktivitas air yang menjadi faktor pemicu pemijahan.

Indeks kematangan gonad ikan nilem betina dalam penelitian ini lebih besar daripada jantan, hal ini dapat difahami karena bobot gonad ikan nilem betina lebih berat dibandingkan bobot gonad jantan pada TKG yang sama (Tabel 2). Uslichah & Syandri (2003) juga menemukan rata-rata IKG ikan nilem betina lebih besar daripada jantan yaitu 13,70% pada ikan betina dan 9,38% pada ikan jantan.

Nilai IKG pada setiap spesies dan dalam spesies yang sama dapat bervariasi yang dipengaruhi oleh bentuk tubuh dan ukuran ikan. Dalam penelitian ini nilai rata-rata IKG ikan nilem diperoleh 3,47-6,88 pada jantan dan 7,36-13,16 pada betina. Pada spesies *Puntius sophore* dengan bentuk tubuh pipih memiliki nilai IKG 15,45 $\pm$ 2,20 pada ikan betina (Hasan *et al.* 2018). Pada ikan lais (*Ompok miostoma*) dengan bentuk tubuh pipih dan rongga tubuh kecil memiliki nilai IKG 0,68 $\pm$ 0,12 pada ikan jantan dan 5,30-2,08 pada ikan betina (Jusmaldi *et al.* 2019), sedangkan pada *Hemibagrus menoda* (sejenis baung) dengan bentuk tubuh seperti torpedo dan rongga perut yang besar, memiliki rata-rata IKG pada ikan betina 12,50 $\pm$ 4,97 (Jega *et al.* 2018).

Ukuran ikan nilem kali pertama matang gonad antarjenis kelamin dalam penelitian ini

hampir sama, tetapi ukuran tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan penelitian Andy Omar (2010) yang mendapatkan rata-rata panjang pada jantan 147 mm dan betina 150 mm. Lebih kecilnya ukuran ikan nilem di Waduk Benanga saat kali pertama matang gonad diduga sebagai salah satu strategi reproduksi ikan tersebut dalam mempertahankan keberlanjutan populasinya dalam menghadapi kondisi lingkungan, terutama ketersediaan sumber makanan yang dalam hal ini perlu penelitian lebih lanjut.

Menurut Gomiero *et al.* (2008) ukuran ikan kali pertama matang gonad merupakan variabel strategi reproduksi pada ikan, selain nisbah kelamin, periode dan tipe pemijahan, perkembangan oosit, dan fekunditas. Menurut Andy Omar *et al.* (2011) pada ikan jantan maupun betina, umur kali pertama memijah bergantung kepada kondisi lingkungan yang sesuai. Pada lingkungan yang tidak sesuai untuk tumbuh dan mempertahankan sintasan, ikan-ikan cenderung akan menurunkan tingkat pertumbuhan dan sintasan, sehingga reproduksi cenderung akan berlangsung pada umur lebih muda. Selanjutnya Gomiero & Braga (2005) menyatakan ketersediaan sumber makanan dapat memengaruhi ukuran panjang ikan pada saat kali pertama matang gonad.

Pengetahuan ukuran ikan kali pertama matang gonad penting dalam pengelolaan stok yaitu untuk menentukan ukuran mata jaring yang akan digunakan. Dalam penelitian ini ukuran mata jaring yang disarankan berdasarkan rata-rata tinggi tubuh ikan dibagi dengan rata-rata panjang total ikan dan dikali dengan ukuran ikan kali pertama matang gonad diperoleh ukuran mata jaring di atas 2 inci, agar ikan nilem yang tertangkap telah mengalami matang gonad minimal satu kali sebelum ditangkap.

Fekunditas ikan nilem dalam penelitian ini berkisar 7312-22.923 butir individu⁻¹ dengan panjang total berkisar 135,75-196,57 mm dan bobot 32,63-89,21 g. Rostika *et al.* (2017) di Jawa Barat mendapatkan fekunditas ikan nilem berkisar 26.200-123.880 butir telur dengan panjang 106-274 mm dan bobot 108-418 g. Berbeda fekunditas ikan nilem dalam penelitian ini disebabkan oleh perbedaan ukuran ikan sehingga menghasilkan perbedaan fekunditas. Menurut Bone & Moore (2008) fekunditas berkaitan erat dengan ukuran ikan dan diameter telur. Lebih lanjut dikatakan ukuran ovarium dibatasi oleh ukuran ikan, sehingga ikan betina dengan fekunditas tinggi akan memiliki diameter telur yang kecil dan rongga perut yang besar demikian juga sebaliknya. Dewantoto *et al.* (2019) menambahkan ikan yang hidup di perairan yang kurang subur umumnya memiliki fekunditas lebih rendah.

Ukuran diameter telur ikan nilem dalam penelitian ini sedikit lebih besar dibandingkan dengan penelitian Syandri *et al.* (2015) yang menemukan diameter telur ikan nilem berkisar 0,78-1,15 mm di perairan di Sumatera Barat; Putri *et al.* (2015) menemukan diameter telur ikan nilem berkisar 0,535-1,285 mm di Danau Telaga, Sulawesi Tengah. Lebih besarnya ukuran diameter telur ikan nilem dalam penelitian ini diduga berkaitan dengan tingginya ketersediaan garam mineral (CaCO_3) yang berkaitan dengan pembentukan sel telur, dan dalam hal ini diperlukan penelitian lebih lanjut.

Frekuensi sebaran diameter telur ditemukan hanya ada satu modus yang dominan dan ada 11 kelas ukuran sel telur dalam ovarium (Gambar 8). Berdasarkan frekuensi sebaran diameter telur tersebut, diketahui pola pemijahan ikan nilem dikategorikan ke dalam kelompok ikan *group*

synchronous (Murua & Saborido-Rey 2003) yang mengeluarkan telurnya secara serempak pada saat memijah. Pola pemijahan serempak pada ikan nilem juga dilaporkan oleh beberapa peneliti lainnya (Uslichah & Syandri 2003; Andy Omar 2010; Putri *et al.* 2015).

Secara umum kondisi perairan di Waduk Benanga masih cukup baik mendukung siklus reproduksi ikan nilem. Kondisi perairan yang dimaksud seperti suhu berkisar 26,8-28,5 °C, oksigen terlarut berkisar 3,9-5,1 mgL⁻¹, pH netral, kekeruhan berkisar 32,27-58,94 NTU, kedalaman berkisar 1,5-2,5 m, kecepatan arus lambat, serta substrat berlumpur dan adanya jenis-jenis tumbuhan air sebagai sumber makanan. Menurut Froese & Pauly (2019) ikan nilem dewasa dapat ditemukan di berbagai tipe habitat, seperti di sungai besar berarus lambat dengan substrat berlumpur atau berpasir, menghuni dasar perairan dengan suhu berkisar 22-26°C, pH berkisar 6,5-7,0, dan kedalaman lebih dari 5 meter.

Ikan nilem merupakan ikan konsumsi sehari-hari masyarakat di Waduk Benanga. Tingginya permintaan akan jenis ikan ini di pasar mengakibatkan nelayan melakukan penangkapan lebih, selain alat tangkap menggunakan arus listrik. Hal ini dapat memengaruhi kelangsungan stok ikan tersebut. Untuk itu diperlukan pengaturan aktivitas penangkapan dan alat tangkap yang digunakan. Rekomendasi yang disarankan adalah penggunaan ukuran mata jaring di atas 2 inci agar ikan nilem yang tertangkap telah mengalami matang gonad minimal satu kali sebelum ditangkap dan jumlah tangkapan tidak melebihi 10% dari potensi reproduksinya dalam satu siklus pemijahan. Pembatasan kegiatan penangkapan perlu dilakukan pada saat puncak musim pemijahan pada bulan Mei dan pelarangan penggu-

naan alat tangkap menggunakan arus listrik. Upaya domestikasi dapat dijadikan alternatif pelestarian ikan nilem berdasarkan informasi biologi reproduksi yang diperoleh. Melalui kebijakan pengaturan penangkapan, upaya domestikasi dan pembenihan, diharapkan ketersediaan jenis ikan tersebut di alam dapat terjaga.

Simpulan

Ikan nilem dominan tertangkap di Waduk Benanga setiap bulannya berada pada TKG IV, dengan nisbah kelamin tidak seimbang. Ukuran ikan nilem kali pertama matang gonad antara kedua jenis kelamin hampir sama. Puncak pemijahan terjadi pada musim penghujan yaitu bulan Mei dengan nilai persentase TKG IV >90%, IKG jantan 6,88 dan IKG betina 13,16. Fekunditas berkisar 7312-22.923 butir individu⁻¹, diameter telur berkisar 0,6-1,94 mm, dan pola pemijahan terjadi serempak. Pengelolaan yang disarankan dalam upaya konservasi ikan nilem di Waduk Benanga adalah pengaturan ukuran mata jaring di atas 2 inci, pembatasan penangkapan pada puncak pemijahan di bulan Mei, pelarangan alat tangkap menggunakan arus listrik serta perlindungan kawasan di Waduk Benanga dari erosi.

Persantunan

Kami mengucapkan terimakasih kepada Dekan FMIPA Universitas Mulawarman, atas bantuan biaya penelitian melalui skim BOPTN Fakultas MIPA tahun 2019. Ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada Kepala Laboratorium Biologi Dasar atas fasilitas laboratorium, kepada pak Rahman nelayan Waduk Benanga yang telah banyak membantu dalam pengambilan sampel di lapangan. Selanjutnya ucapan terimakasih kami ucapkan juga kepada mahasiswa bimbingan Ratih Kusuma Dewi, Munia-

wati yang banyak membantu dalam pengukuran, pencatatan dan dokumentasi sampel di laboratorium.

Daftar pustaka

- Andy Omar S Bin. 2010. Aspek reproduksi ikan nilem, *Osteochilus vittatus* (Valencien-nes, 1842) di Danau Sidenreng, Sulawesi Selatan. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 10 (2): 111-122.
- Andy Omar S Bin, Salam R, Kune S. 2011. Nisbah kelamin dan ukuran pertama kali matang gonadikan endemik bonti-bonti (*Paratherina striata* Aurich, 1935) di Danau Towuti, Sulawesi Selatan. In: Isnansetyo A, Djumanto, Suadi(editor): *Prosiding Seminar Nasional Tahunan VIII Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan Tahun 2011 Jilid II*. Jurusan Perikanan dan Kelautan Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 644 hal.
- Azrita, Syandri H, Junaidi. 2014. Genetic variation among asang fish (*Osteochilus vittatus* Cyprinidae) populations using random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 1(6): 213-217.
- Bain MB, Stevenson NJ. 1999. *Aquatic Habitat Assesment Common Methods*. American Fisheries Society Press, Maryland. 224 p.
- Baroiller JF, D'Cotta H. 2001. Environment and sex determination in farmed fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 130(4): 399-409
- Biswas SP. 1993. *Manual of Methods in Fish Biology*. South Asian Publisher Pvt Ltd, New Delhi, Indian. 157 p.
- Bone Q, Moore RH. 2008. *Biology of Fishes. Third Edition*. Taylor & Francis Group. New York. 472 p.
- Brodziak J. 2012. Fitting length-weight relationships with linear regression using the log-transformed allometric model with bias-correction. Pacific Islands Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service, NOAA, Honolulu, HI 96822-2396. Pacific Islands Fisheries Science Center. Administrative. Report H-12-03, 4 p.
- Brown-Peterson NJ, Overdreet RM, Lotz JM, Franks JS, Burns KM. 2001. Reproduc-tive biology of cobia, *Rachycentron canadum*, from coastal waters of southern United States. *Fishery Bulletin*, 99(1): 15-28.
- Dewantoro E, Yanto H, Raharjo EI, Juniandy AL. 2019. Aspek biologi reproduksi ikan kebal (*Osteochilus schlegelii*) dari Sungai Kapuas dan Sungai Sekayam Kalimantan Barat. *Jurnal Ruaya*, 7(1): 70 -78.
- Effendie MI. 1979. *Metoda Biologi Perikanan*. Yayasan Dewi Sri. Bogor. 112 hal.
- Froese R, Pauly D. Editors. 2019. FishBase. World wide web electronic publication. www.fishbase.org, version (09/2019).
- Gomiero LM, Garuana L, Braga FMS. 2008. Reproduction of *Oligosarcus hepsetus* (Cuvier, 1819) (Characiformes) in the Serra do Mar State Park, São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 68(1): 187-192.
- Gomiero LM, Braga FMS. 2005. The condition factor of fishes from two river basins in Sao Paulo Stae, Southeast of Brazil. *Acta Scientiarum- Biological Sciences* , 27(1): 73-78.
- Hasan T, Hossain MF, Mamun M, Alam MJ, Salam MA, Rafiquzzaman SM. 2018. Reproductive biology of *Puntius sophore* in Bangladesh. *Fishes*, 3(22):1-11.
- Jega IS, Miah MI, Huda NA, Rahman MA, Fatema MK, Haque MM, Shahjahan M. 2018. Reproductive biology of the threatened menoda catfish, *Hemibagrus menoda* (Hamilton, 1822) in the Kangsha River, Bangladesh. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13(1): 39-48.
- Jubaedah I, Hermawan A. 2010. Kajian budi daya ikan nilem (*Osteochilus hasselti*) dalam upaya konservasi sumber daya ikan (studi di Kabupaten Tasikmalaya Provinsi Jawa Barat). *Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan*, 4(1):1-10
- Jusmaldi, Hariani N. 2018. Hubungan panjang-bobot dan faktor kondisi ikan wader bin-tik dua *Barbodes binotatus* (Valencien-nes, 1842) di Sungai Barambai Samarinda, Kalimantan Timur. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 18(2): 87-10.
- Jusmaldi, Solihin DD, Affandi R, Rahardjo MF, Gustiano R. 2019. Biologi reproduksi ikan

- lais *Ompok miostoma* (Vaillant 1902) di Sungai Mahakam, Kalimantan Timur. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 19 (1):13-29.
- Khelifi N, Boucenna I, Kaouachi N, Sahtout F, Bensouilah M, Bouallag C. 2019. Reproductive biology of *Carassius carassius* (Cyprinidae) in Beni Haroun Dam, Algeria. *AACL Bioflux*, 12(3): 822-831.
- Kjelland ME, Woodley CM, Swannack TM, Smith DL. 2015. A review of the potential effects of suspended sediment on fishes: potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications. *Environment Systems & Decisions*. 35(2): 334 – 350.
- Kottelat M. 2013. The fishes of the inland waters of Southeast Asia : a catalogue and core bibliography of the fishes known to occur in freshwaters, mangroves and estuaries. *Raffles Bulletin of Zoology*, Suppl. 27: 1–663.
- Li RY, Gelwick FP. 2005. The relationship of environmental factors to spatial and temporal variation of fish assemblages in a floodplain river in Texas USA. *Ecology of Freshwater Fish*, 14(4): 319-330.
- Murua H, Saborido-Ray F. 2003. Female reproductive strategies of marine fish species of the north Atlantic. *Journal of North-west Atlantic Fisheries Society* 33: 23-31.
- Muryanto T, Sumarno D. 2014. Pengamatan kebiasaan makan ikan nilem (*Osteochilus vittatus*) hasil tangkapan jaring insang di Danau Talaga Kabupaten Donggala Provinsi Sulawesi Tengah. *Buletin Teknik Litkayasa*. 11(1): 51-5.
- Putri MRA, Sugianti Y, Krismono. 2015. Beberapa aspek biologi ikan nilem (*Osteochilus vittatus*) di Danau Talaga, Sulawesi Tengah. *Bawal*, 7(2): 111-120.
- Rahardjo AA, Marliani L. 2007. Nilem: diolah naik derajat. *Trubus*. <http://www.trubus.com> [29 april 2019].
- Rochmatin SY, Solichin A, Saputra SW. 2014. Aspek pertumbuhan dan reproduksi ikan nilem (*Osteochilus hasselti*) di perairan Rawa Pening Kecamatan Tuntang Kabupaten Semarang. *Diponegoro Journal of Maquares Management of Aquatic Resources*, 3(3): 153-159
- Rostika R, Andriani Y, Junianto. 2017. Fecundity performance of nilem (*Osteochilus vittatus*) from Cianjur, Tasikmalaya and Kuningan Districts, West Java, Indonesia. *Asian Journal of Agriculture*, 1(1): 17-21.
- Setiawan Y, Setyaningrum T, Waryati. 2017. Prediksi laju erosi menggunakan sistem informasi geografis (SIG) di daerah Waduk Benanga Lempake Kota Samarinda, Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(1): 36-44.
- Steel RGD, Torrie JH. 1993. *Prinsip dan prosedur statistik*. Diterjemahkan oleh Bambang Sumantri. PT Gramedia. Jakarta. 748 hal.
- Subagja J, Gustiano R, Djajasewaka H. 2006. Penentuan dosis hormon steroid dan teknik pemberian untuk feminisasi ikan nilem (*Osteochilus hasselti*). *Laporan Hasil Riset Balai Riset Perikanan Budi-daya Air Tawar Tahun Anggaran 2006*. Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar Bogor, Badan Riset Kelautan dan Perikanan, 300-312 hal.
- Syandri H, Azrita, Junaidi. 2015. Fecundity of bonylip barb (*Osteochilus vittatus* Cyprinidae) in different waters habitats. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2(4): 1557-163.
- Syandri H. 2004. Penggunaan ikan nilem (*Osteochilus hasselti* CV) dan ikan tawes (*Puntius javanicus* CV) sebagai agen ha-yati pembersih perairan Danau Maninjau, Sumatera Barat. *Jurnal Natur Indonesia*, 6(2): 87-90.
- Tomkiewicz J, Morgan MJ, Burnett J, Saborido-Rey F. 2003. Available information for estimating reproductive Potential of Northwest Atlantic groundfish stocks. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*. 33: 1-21.
- Udupa KS. 1986. Statistical method of estimating the size at first maturity of fishes. *Fishbyte*, 4(2): 8-10.
- Uslichah U, Syandri H. 2003. Aspek reproduksi ikan sasau (*Hampala* sp.) dan ikan lelan (*Osteochilus vittatus* C.V.) di Danau Singkarak. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 3(1): 41-48.

Winarlin L, Setiadi E, Widiyati A, Djajasewaka H. 2006. Pengaruh tingkat kedalaman air terhadap perkembangan pakan alami untuk pertumbuhan benih ikan nilem (*Osteochilus hasselti* CV). Laporan Hasil Riset Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar Tahun

Anggaran 2006. Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar Bogor, Badan Riset Kelautan dan Perikanan, 313-332 hal.

Wootton RJ, Smith C. 2015. *Reproductive Biology of Teleost Fishes*. John Wiley & Sons, Ltd. West Sussex UK. 472 p.

Osteologi komparatif tulang belakang *Tor tambroides* (Bleeker, 1854) dan *Tor tambra* (Valenciennes 1842)

[Comparative osteology of *Tor tambroides* (Bleeker, 1854) and *Tor tambra* (Valenciennes 1842) vertebral column (*ossa vertebrae*)]

Ilham Zulfahmi^{1,2✉}, Yusrizal Akmal³, Muhammad Radhi², Muslich Hidayat¹, Muliari³

¹Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Kota Pelajar dan Mahasiswa, Darussalam, Banda Aceh 23111,

²Pusat Kajian dan Konservasi Akuatik, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry,
Kota Pelajar dan Mahasiswa, Darussalam, Banda Aceh 23111,

³Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Almuslim,
Jalan Almuslim, Matang Glumpang Dua, Peusangan, Kabupaten Bireuen, Aceh 24261
ilham.zulfahmi@ar-raniry.ac.id; hidayat.muslich@gmail.com, radhi12357@gmail.com
drh.yusrizal.akmal.msi@gmail.com; muliori86@gmail.com

Diterima: 30 Juni 2020; Disetujui: 08 September 2020

Abstrak

Kajian osteologi memiliki peran penting dalam upaya analisis ekomorfologi dan hubungan filogenetik antarjenis ikan. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan perbedaan morfologi tulang belakang *Tor tambroides* (Bleeker, 1854) dan *Tor tambra* (Valenciennes 1842). Contoh ikan *Tor tambroides* dan *Tor tambra* dikoleksi dari hasil tangkapan nelayan di wilayah Sungai Tangse Kabupaten Pidie dan wilayah Sungai Sampoinet, Kabupaten Aceh Jaya, Provinsi Aceh. Tahapan preparasi tulang belakang terdiri atas lima tahapan yaitu pemisahan otot dan sisik, perendaman dalam larutan formalin, penjemuran, pengukuran morfometrik, pemotretan dan penyuntingan gambar, serta identifikasi terminologi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan morfologi tulang belakang antara *Tor tambroides* dan *Tor tambra* terutama pada bagian *axial vertebrae*, *posterior vertebrae caudales* dan *urostylus*. Tulang *pleura costae* *Tor tambroides* memiliki bentuk melengkung ke arah posterior dengan bagian kiri dan kanan saling bertautan. *Processus lateralis* *Tor tambroides* cenderung melengkung ke arah posterior, sedangkan pada *Tor tambra* cenderung membulat sejajar dengan *dorsal costae*. *Tor tambroides* cenderung memiliki ligamen yang lebih kokoh ditandai dengan tidak adanya foramen diantara *os hypural*. Secara morfometrik tulang belakang, *Tor tambroides* cenderung memiliki nilai nisbah centrum (panjang, lebar dan tinggi), *spina neuralis*, *spina haemalis* dan *costae* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Tor tambra*. Disparitas hasil pengukuran antara kedua jenis ikan terlihat cukup kentara pada bagian *axial vertebrae* dan bagian posterior *vertebrae caudales*. Penelitian lanjutan terkait korelasi morfologi tulang belakang dengan kondisi perairan kedua jenis ikan masih perlu dilakukan.

Kata penting: *axial vertebrae*, tulang weber, *processus lateralis*, *vertebrae caudales*, *urostylus*.

Abstract

Information related to osteology plays a vital role in support ecomorphology and phylogenetic relationship analysis in fish. This study aimed to describe the comparative morphology of the vertebral column between *Tor tambroides* (Bleeker, 1854) and *Tor tambra* (Valenciennes 1842). Samples of *Tor tambroides* and *Tor tambra* were obtained from fish traders in the Tangse River area of Pidie Regency and Sampoinet River area, Aceh Jaya Regency, Aceh Province. Vertebral column preparation consists of five steps: muscles and scales separation, immersion in a formaldehyde solution, drying, morphometric measurements, photographing and image editing, and identification of terminology. The results showed that there are morphological differences between *Tor tambroides* and *Tor tambra* vertebral column, particularly in the *axial vertebrae*, *posterior vertebrae caudales*, and *urostylus* regions. The pleural *costae* of *Tor tambroides* have a posterior curve with the left and right sides interlocking. The lateral *Tor tambroides* process tends to curve posteriorly, while the *Tor tambra* tends to round up parallel to the dorsal *costae*. *Tor tambroides* tend to have stronger ligaments marked by the absence of a foramen between the hypural. Morphometrically, *Tor tambroides* tend to have higher centrum ratios (length, width, and height), neural spine, haemalis spine, and *costae* compared to *Tor tambra*. The significant difference in morphometric results is observed in the *axial vertebrae* and the posterior *vertebrae caudales* region. Further research related to the correlation of vertebral column morphology with the environmental condition of these fish is still necessary.

Keywords: *axial vertebrae*, weberian apparatus, *processus lateralis*, *vertebrae caudales*, *urostylus*

Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki keanekaragaman ikan tinggi (Widjaja *et al.* 2014, Haryono 2017). Namun saat ini, beberapa jenis ikan berada dalam status penurunan populasi, langka bahkan terancam punah (Sukmono *et al.* 2013). Salah satu di antaranya adalah ikan yang berasal dari genus *Tor* (Cyprinidae). Dari 40 jenis ikan *Tor* yang hidup di Asia, empat jenis diantaranya hidup di Indonesia yaitu *Tor tambroides*, *Tor douronensis*, *Tor tambra* dan *Tor soro* (Kiat 2004, Kottelat *et al.* 1993). Penyebaran ikan-ikan jenis ini mencakup wilayah Sumatera, Kalimantan, dan Jawa (Haryono 2006).

Dua jenis ikan *Tor* yang hidup dominan di perairan Aceh yaitu *Tor tambroides* dan *Tor tambra* (Muchlisin & Azizah 2009). Secara morfologis, kedua jenis ikan tersebut memiliki banyak kemiripan sehingga masyarakat terkadang menamakan kedua ikan tersebut menjadi satu nama. Masyarakat Aceh Barat, Aceh Jaya, dan Nagan Raya menamai ikan ini sebagai ikan keureling, sedangkan masyarakat Aceh singkil dan Subulussam menamainya sebagai ikan jurung. Menurut Arunkumar *et al.* (2018), ikan-ikan dari genus yang sama umumnya memiliki ciri morfologi luar yang hampir serupa sehingga terkadang sulit untuk dibedakan. Oleh karena itu diperlukan karakter tambahan untuk membedakan antar jenis ikan tersebut, diantaranya melalui komparasi tulang rangka. Lebih lanjut, kajian morfologi tulang rangka juga dapat digunakan untuk menganalisis hubungan taksonomik dan filogenetik antar jenis ikan (Mafakheri *et al.*, 2015; Jalili *et al.*, 2015). Penelitian tentang komparasi tulang rangka telah dilaporkan pada beberapa famili ikan, seperti pada famili Characidae (Bogutskaya *et al.* 2008), famili

Nemacheilidae (Mafakheri *et al.* 2015), famili Cichlidae (Dierickx *et al.* 2017), dan famili Zoarcoidei (Hilton & Kley 2005).

Tulang belakang (*ossa vertebrae*) merupakan salah satu elemen penting dalam sistem rangka ikan. Selain berperan sebagai biomekanik, tempat melekatnya otot, serta membantu fleksibilitas dan elastisitas selama ikan bergerak, tulang belakang juga memiliki fungsi penting sebagai homeostasis fosfor dan lokus penyimpanan mineral penting lainnya seperti kalium dan kalsium (Webb 1975; Skonberg *et al.* 1997). Secara umum, tulang belakang ikan terbagi menjadi empat bagian utama yaitu bagian depan (*ossa axial vertebrae*), bagian abdominal (*ossa abdominalis vertebrae*), bagian kaudal (*ossa caudal vertebrae*), dan *urostylus*. Namun demikian, ikan dengan tulang weber yang tidak berkembang, tulang belakangnya terbagi menjadi tiga bagian utama yaitu bagian abdominal (*ossa abdominalis vertebrae*), bagian kaudal (*ossa caudal vertebrae*) dan *urostylus* (Zulfahmi *et al.* 2018).

Morfologi tulang belakang suatu jenis ikan dipengaruhi oleh faktor genetik dan kondisi lingkungan perairan (Leprevost & Sire 2014). Sebagai contoh, ikan famili Cyprinidae dan Cobitidae cenderung memiliki tulang weber (*weberian apparatus*) yang lebih berkembang dibandingkan dengan ikan famili Balitoridae, Gyrinocheilidae, dan Catostomidae (Bird & Hernandez 2007, Zulfahmi *et al.* 2018). Hal ini diduga berkaitan erat dengan dukungan terhadap peran gelembung renang dan pendengaran bagian dalam. Evans *et al.* (2019) menyampaikan bahwa kondisi ekosistem suatu perairan berperan penting memengaruhi bentuk morfologi dan tingkah laku ikan.

Sampai saat ini, kajian terkait morfologi tulang rangka ikan genus *Tor* di Indonesia masih jarang diteliti. Hasil penelitian terkait morfologi rangka ikan genus *Tor* hanya ditemukan pada *Tor tambroides* saja, sedangkan pada tiga jenis ikan *tor* lainnya masih belum diungkap (Akmal *et al.* 2018a, Akmal *et al.* 2018b, Zulfahmi *et al.* 2018, Akmal *et al.* 2020). Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mendeskripsikan perbedaan morfologi tulang belakang *Tor tambroides* dan *Tor tambra*.

Bahan dan metode

Tor tambroides dikoleksi dari hasil tangkapan nelayan di wilayah Sungai Tangse Kabupaten Pidie, Provinsi Aceh (4°57'49,4"N 95°58'08"E) sedangkan *Tor tambra* diperoleh dari hasil tangkapan nelayan di wilayah Sungai Sampoinet, Kabupaten Aceh Jaya, Provinsi Aceh (4°53'40,4"N 95°25'08,9"E.). Secara visual, *Tor tambroides* diidentifikasi melalui keberadaan cuping berukuran panjang menyentuh ujung bibir, sedangkan *Tor tambra* memiliki cuping berukuran sedang pada bibir bawah tetapi tidak menyentuh ujung bibir (Haryono 2006, Haryono & Subagja 2008). Jumlah ikan yang dikoleksi untuk masing masing jenis adalah sebanyak lima ekor, dengan kisaran bobot 3–5 kg untuk *Tor tambroides* dan 2–4 kg untuk *Tor tambra* (Gambar 1). Contoh ikan selanjutnya diawetkan dengan menggunakan es dan diangkut ke laboratorium menggunakan transportasi darat. Preparasi tulang belakang kedua jenis ikan dilakukan di Laboratorium Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Almuslim, sedangkan penyuntingan gambar dan identifikasi terminologinya di Laboratorium Ekologi, Program Studi Biologi,

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

Preparasi, penyuntingan gambar, dan identifikasi terminologi tulang belakang

Tahapan preparasi tulang belakang *Tor tambroides* dan *Tor tambra* mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Zulfahmi *et al.* (2018). Secara ringkas, tahapan preparasi tulang belakang terdiri dari lima tahapan yaitu pemisahan otot dan sisik, perendaman dalam larutan formalin, penjemuran tahap pertama, perendaman dalam larutan etanol analitik 98%, penjemuran tahap kedua, pelapisan dengan *cat spray pilox clear transparan* dan perangkaian tulang rangka. Tulang belakang dipilah menjadi empat bagian utama yaitu bagian depan (*ossa axial vertebrae*), bagian abdominal (*ossa abdominalis vertebrae*), bagian kaudal (*ossa caudal vertebrae*), dan *urostylus*. Pemotretan setiap bagian tulang belakang dilakukan dengan menggunakan kamera *Canon EOS 700D*. Penyuntingan gambar dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Adobe Photoshop CC 2018*. Terminologi setiap bagian dari tulang belakang pada kedua jenis ikan ditentukan dengan membandingkan kesamaan morfologi dan letak bagian tulang belakang dengan beberapa referensi terkait osteologi ikan lain seperti Howes (1982), Jalili *et al.* (2015), Rojo (1991), Diogo (2008) dan Zulfahmi *et al.* (2019).

Pengukuran parameter morfometrik tulang belakang

Parameter morfometrik tulang belakang yang diukur meliputi panjang, lebar dan tinggi *os centrum*, panjang *costae*, panjang *spina neuralis* serta panjang *spina haemalis*. Pengukuran panjang *os centrum* dimulai dari bagian

anterior hingga posterior *os centrum*, selanjutnya pengukuran lebar dimulai dari sisi lateral kanan sampai sisi lateral kiri, sedangkan pengukuran tinggi *os centrum* di mulai dari dorsal sampai ventral (Gambar 2). Panjang tulang belakang diukur mulai dari *os centrum*

pertama hingga *urostylus*. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan kaliper berketelitian 0,1 mm. Nilai nisbah morfometrik diperoleh dengan cara membandingkan setiap parameter pengukuran dengan panjang tulang belakang.



Gambar 1 Ikan *Tor tambroides* (atas) dan *Tor tambra* (bawah). Skala garis: 1 cm.



Gambar 2 Parameter morfometrik tulang belakang yang diukur. Keterangan PC: panjang centrum; TC: tinggi centrum; LC: lebar centrum; PSN: panjang spina neuralis dan PSH: panjang spina haemalis.

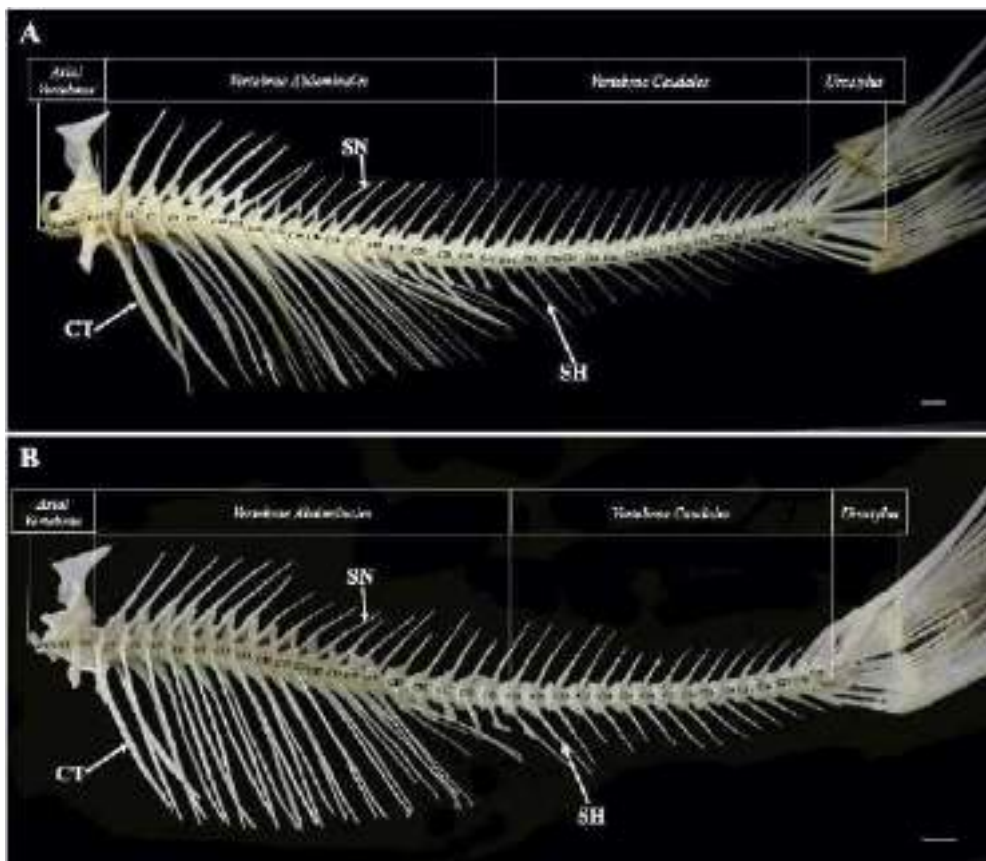
Hasil

Komparasi morfologi tulang belakang

Tulang belakang *Tor tambroides* dan *Tor tambra* terbagi menjadi empat bagian utama yaitu *axial vertebrae* yang termasuk kedalam tulang weber (*Weberian apparatus*), *vertebrae abdominales*, *vertebrae caudales*, dan *urostylus* (Gambar 3). Bagian *axial vertebrae* terdiri dari *os centrum*, *claustrum*, *dorsal costae*, *intercalarium*, *pleura costae*, *processus lateralis*, *scaphium*, *arcus neuralis*, *supraneuralis* dan *tripus*. Bagian *vertebrae abdominales* terdiri dari *os centrum*, *ossa costae*, *spina* dan *neuralis*. Bagian *vertebrae caudales* terdiri atas *os centrum*, *spina neuralis* dan *spina haemalis*.

Bagian *urostylus* terdiri atas *os hypural*, *os parhypural*, *os pleurostylus*, *os uroneuralis* dan *os epural*.

Tor tambroides dan *Tor tambra* memiliki jumlah tulang-tulang penyusun yang sama pada *axial vertebrae*, *vertebrae abdominales* dan *urostylus*. *Vertebrae caudales* *Tor tambroides* memiliki jumlah centrum lebih banyak dibandingkan *Tor tambra*. Secara morfologi, bagian *vertebrae abdominales* dan bagian anterior *vertebrae caudales* kedua jenis ikan tersebut memiliki bentuk yang sama, sedangkan bagian *axial vertebrae*, posterior *vertebrae caudales* dan *urostylus* cenderung memiliki bentuk yang berbeda (Tabel 1).

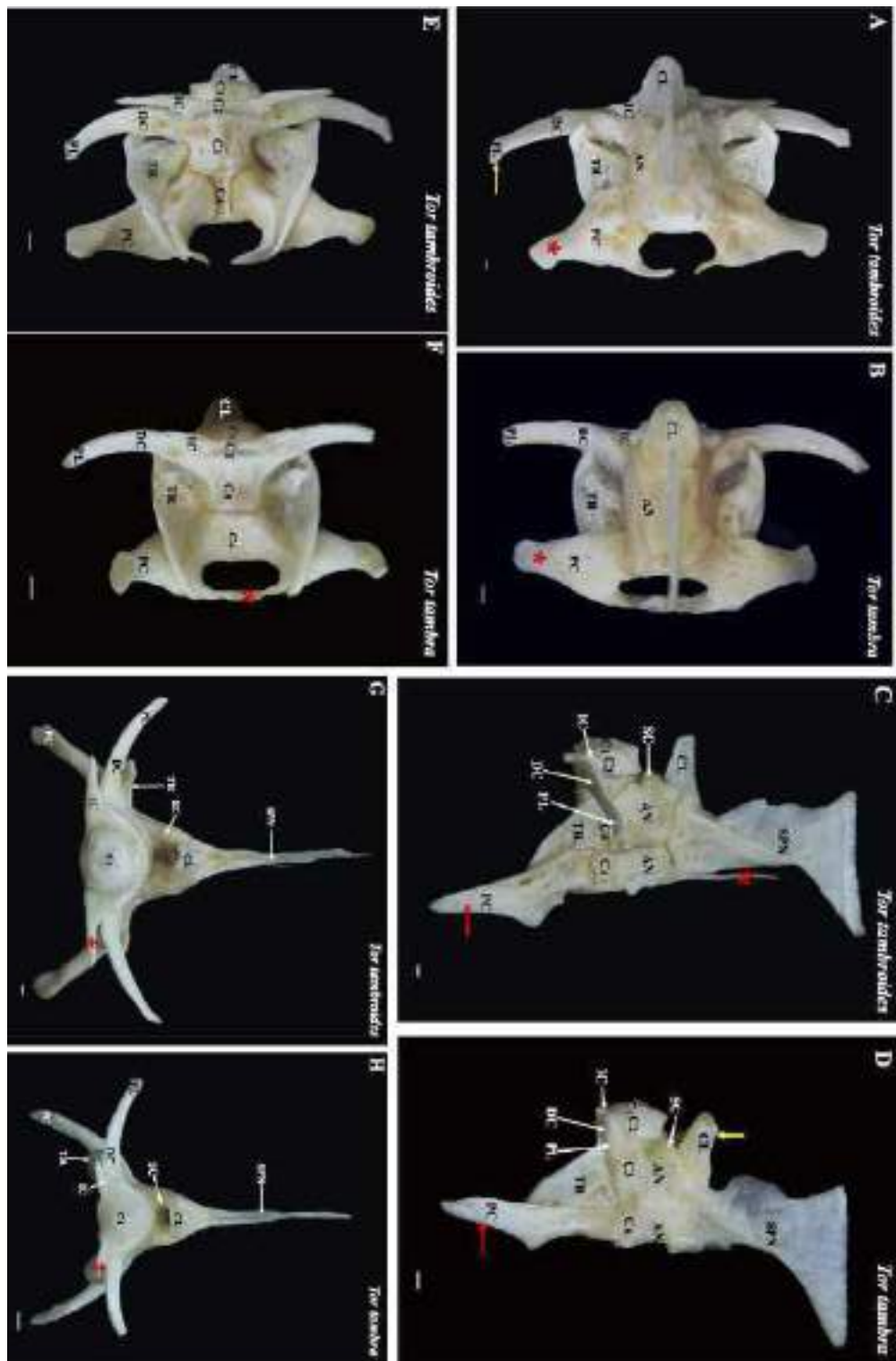


Gambar 3 Morfologi dan bagian penyusun tulang belakang *Tor tambroides* (A) dan *Tor tambra* (B) tampak lateral. C: centrum SN: spinal neural, SH: spinal haemal, CT: costae. Skala garis: 2 cm

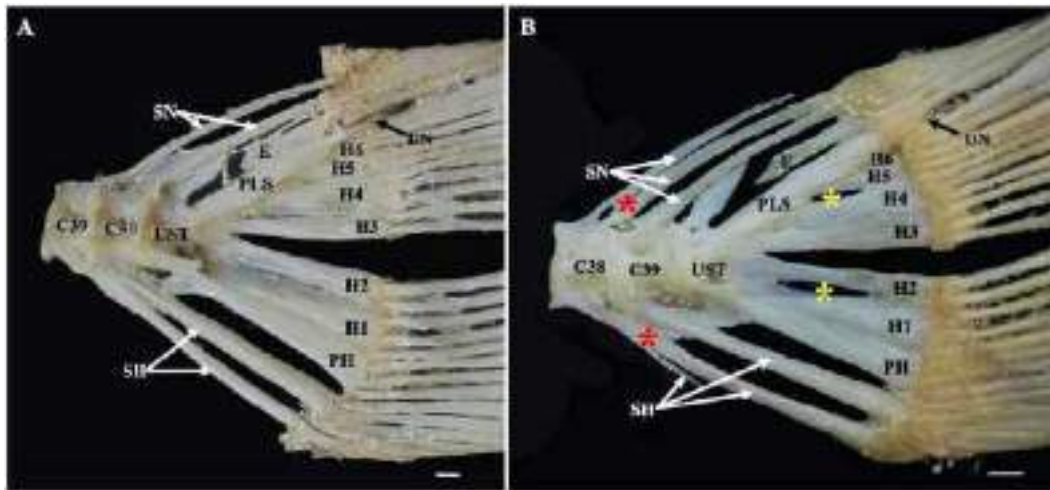
No	Jenis tulang	Tampak	<i>Tor tambroides</i>	<i>Tor tambra</i>
1	<i>Pleura costae</i>	Anterior	melengkung ke arah posterior	relatif lurus
		Ventral	bagian kiri dan kanan terlihat saling bertautan	bagian kiri dan kanan tidak saling bertautan
		Lateral	cenderung mengarah ke arah vertikal	cenderung mengarah ke anterior
2	<i>Processus lateralis</i>	Dorsal	melengkung ke arah posterior	membulat sejajar dengan tulang <i>dorsal costae</i>
3	<i>Clastrum</i>	Lateral	mendatar sejajar dengan centrum	Penjuluran ke arah ventral
4	<i>Arcus neuralis</i>	Lateral	memiliki tambahan berupa tulang tipis pada bagian posteriornya yang mengarah ke arah dorsal	Tidak memiliki tambahan berupa tulang tipis pada bagian posteriornya
5	<i>Intercalarium</i>	Cranial	Berukuran lebih panjang dan berkembang	Berukuran lebih pendek
6	<i>Spina neuralis</i> dan <i>spina haemalis</i>	Lateral	Memiliki masing-masing satu <i>spina neuralis</i> dan <i>spina haemalis</i> pada centrum ke-38	Memiliki masing-masing dua <i>spina neuralis</i> dan <i>spina haemalis</i> pada centrum ke-38
7	<i>Os hypural</i>	Lateral	Tidak adanya foramen diantara <i>Os hypural</i>	Adanya foramen diantara <i>Os hypural</i>

Pada bagian *axial vertebrae*, dilihat dari sisi dorsal, terdapat perbedaan morfologi yang cukup jelas pada tulang *pleura costae* dan *processus lateralis* antara kedua ikan. Bagian anterior tulang *pleura costae* *Tor tambroides* tampak memiliki bentuk melengkung ke arah posterior, sedangkan pada *Tor tambra*, bagian depan tulang *pleura costae* tampak memiliki bentuk yang relatif lurus (Gambar 4A, 4B, bintang merah). Disamping itu secara ventral, ujung posterior tulang *pleura costae* *Tor*

tambroides bagian kiri dan kanan terlihat saling bertautan, sedangkan pada *Tor tambra* terlihat memiliki jarak antara keduanya (Gambar 4E, 4F, bintang merah). Perbedaan lainnya terlihat pada bentuk *processus lateralis*, dimana pada *Tor tambroides*, *processus lateralis* cenderung melengkung ke arah posterior, sedangkan pada *Tor tambra* cenderung membulat sejajar dengan tulang *dorsal costae* (Gambar 4A, 4B, panah kuning).



Gambar 4 Komparatif bagian *axial vertebrae Tor tambroides* dan *Tor tambora*. Tampak dorsal (A dan B), tampak lateral (C dan D), tampak ventral (E dan F) dan tampak cranial (G dan H). Keterangan: AN: Arcus neuralis; C: Centrum; CL: Clausium; DC: Dorsal costae; IC: Intercalarium; PC: Pleura costae; PL: Processus lateralis; SC: Scaphium; SPN: Supraneurals; TR: Tripus. Skala garis: 0,2 cm.



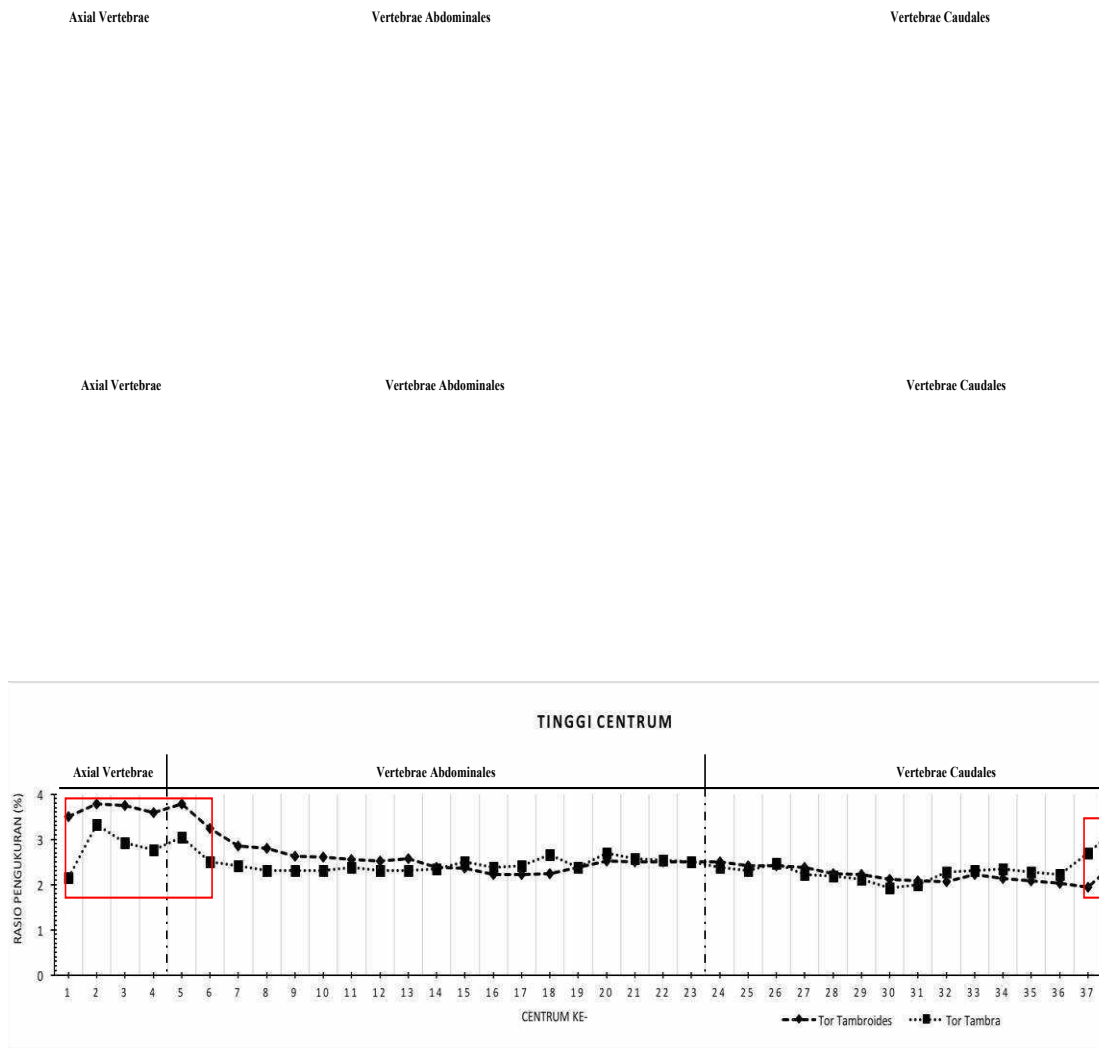
Gambar 5 Komparatif morfologi bagian posterior vertebrae caudales dan urostyle *Tor tambroides* (A) dan *Tor tambra* (B) tampak lateral. Keterangan: AN: Arcus neuralis; C: Centrum; E: Os epural; H: Os hypural; PH: Os parhypural; PLS: Os pleurostyle; SH: Spina haemalis; SN: Spina neuralis; UN: Os uroneuralis; UST: Ossa urostyle. Skala garis: 0,2 cm.

Dilihat dari sisi lateral, perbedaan morfologi antara kedua ikan terlihat pada tulang *claustrum*, *arcus neuralis*, dan *pleura costae*. Pada *Tor tambra*, tulang *claustrum* memiliki bentuk condong ke arah ventral, sedangkan pada *Tor tambroides*, tulang *claustrum* memiliki bentuk mendatar sejajar dengan centrum (Gambar 4C, 4D, panah kuning). *Arcus neuralis* yang terletak di bagian ventral centrum keempat memiliki tambahan berupa tulang tipis pada bagian posteriornya yang mengarah ke arah dorsal (Gambar 4C, 4D, bintang merah). Sementara itu, tulang *pleura costae* *Tor tambra* cenderung lebih ke arah anterior dibandingkan tulang *pleura costae* *Tor tambroides* (Gambar 4C, 4D, panah merah). Dari sisi cranial, *Tor tambroides* teramati memiliki ukuran tulang *intercalarium* yang lebih panjang dan berkembang dibandingkan dengan *Tor tambra* (Gambar 4G, 4H, bintang merah).

Pada bagian posterior *vertebrae caudales* tepatnya pada centrum ke-38, *Tor tambra* tera-

mati memiliki dua *spina neuralis* dan dua *spina haemalis* pada satu centrum yang sama (Gambar 5B, bintang merah). *Spina neuralis* dan *spina haemalis* di bagian anterior memiliki ukuran lebih pendek dan lebih tipis dibandingkan dengan bagian posteriornya. Sebaliknya, pada centrum yang sama, *Tor tambroides* hanya memiliki satu *spina neuralis* dan *spina haemalis* dengan ukuran yang lebih panjang, tebal dan menyatu dengan sirip ekor.

Pada bagian *urostyle*, baik *Tor tambroides* dan *Tor tambra* memiliki jenis dan jumlah tulang penyusun yang sama. Namun terdapat sedikit perbedaan secara morfologi pada ligamen tulang *os hypural* kesatu dan kedua serta ligamen *os hypural* keempat dan kelima. *Tor tambroides* memiliki ligamen yang lebih kokoh ditandai dengan tidak adanya foramen diantara kedua tulang tersebut. Pada *Tor tambra*, terdapat foramen memanjang ke arah posterior diantara kedua tulang *os hypural* tersebut (Gambar 5A dan 5B, bintang kuning).



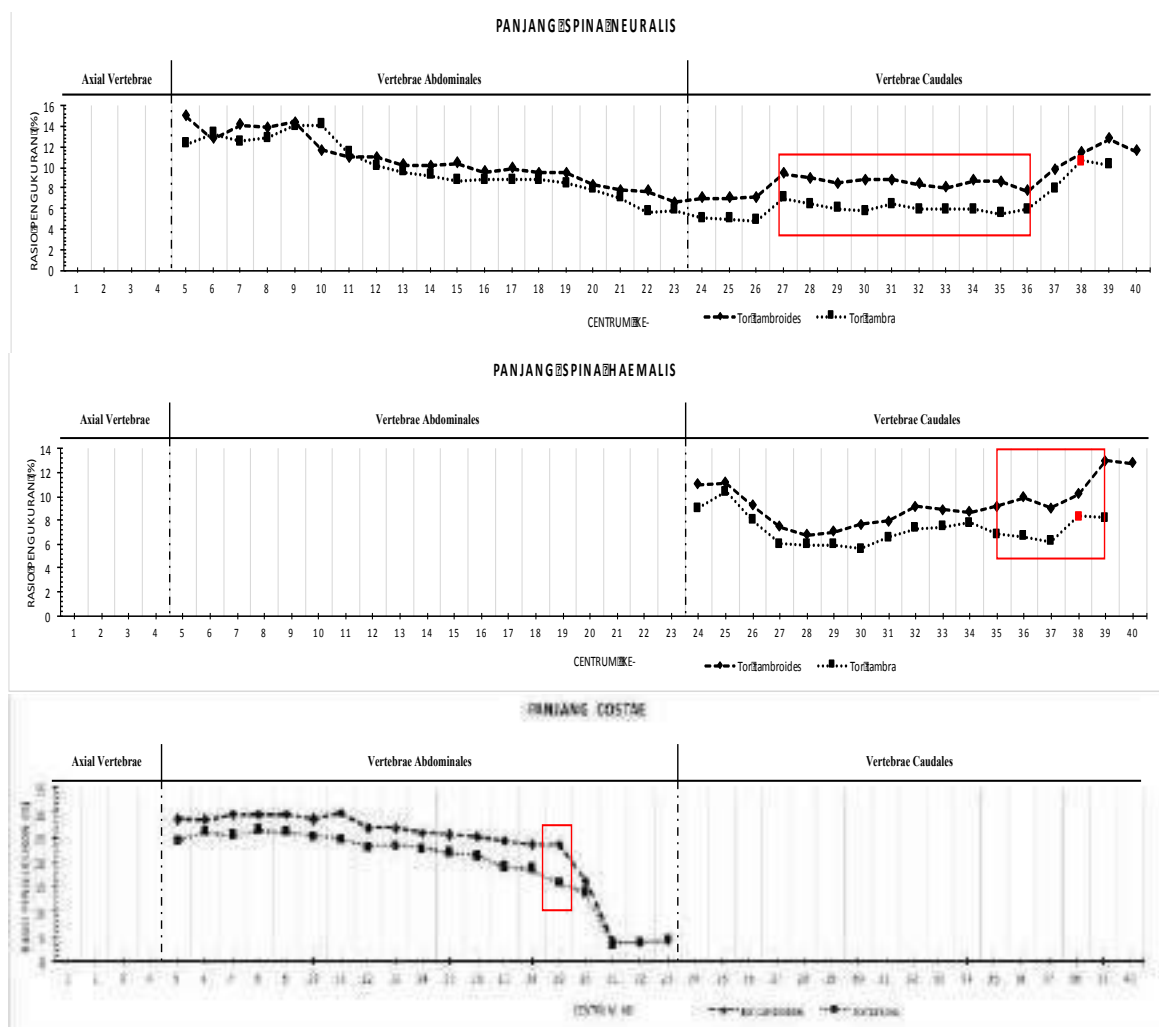
Komparasi morfometrik tulang belakang

Nisbah panjang, lebar, dan tinggi centrum pada *Tor tambroides* dan *Tor tambra* memiliki nilai yang berdekatan. Namun terdapat perbedaan morfometrik yang nyata pada centrum bagian *axial vertebrae*, anterior *vertebrae abdominales* dan posterior *vertebrae caudales* antara kedua jenis ikan (Gambar 6). Pada bagian *axial vertebrae*, anterior *vertebrae abdominales* dan posterior *vertebrae caudales*, *Tor tambroides* memiliki nisbah panjang, lebar dan tinggi centrum yang lebih besar dibandingkan dengan *Tor tambra*. Disparitas nisbah nisbah panjang centrum antara kedua ikan

berada pada kisaran 0,01%-0,58% dengan selisih tertinggi terdapat pada centrum keempat yaitu sebesar 0,58%. Disparitas nisbah lebar centrum tampak jelas mulai centrum pertama hingga centrum kelima dengan kisaran 1,00%-1,34%. Disparitas nisbah lebar centrum tertinggi terdapat pada centrum pertama yaitu sebesar 3,64% pada *Tor tambroides* dan 2,30% pada *Tor tambra* (selisih 1,34%). Identik dengan nisbah lebar centrum, disparitas tinggi centrum juga tampak jelas pada bagian anterior dan posterior dengan kisaran 0,46%-1,36%. Selisih nilai tertinggi terdapat pada centrum pertama yaitu sebesar 1,36%.

Tor tambroides dan *Tor tambra* memiliki pola *spina neuralis*, *spina haemalis* dan *costae* yang hampir sama. Pada kedua jenis ikan tersebut, nisbah *spina neuralis* cenderung menurun pada bagian posterior *vertebrae abdominales* dan anterior *vertebrae caudales*, akan tetapi kembali meningkat pada bagian posterior *vertebrae caudales* (Gambar 7). Meskipun demikian, *Tor tambroides* memiliki nilai nisbah *spina neuralis*, *spina haemalis* dan *costae* yang lebih besar di-bandingkan dengan *Tor tambra*. Disparitas nisbah panjang *spina neuralis* terlihat jelas mulai centrum ke-27 hingga centrum ke-36. Selisih nisbah panjang *spina neuralis*

tertinggi terdapat pada centrum ke-35 yaitu sebesar 3,11%. Perbedaan nisbah panjang *spina haemalis* pada *Tor tambroides* dan *Tor tambra* terlihat jelas pada bagian posterior *vertebrae caudales*, dengan selisih tertinggi terdapat pada centrum ke-39 yaitu sebesar 3,29%. Disparitas nisbah panjang *costae* pada *Tor tambroides* dan *Tor tambra* cenderung lebih sedikit teramati dibandingkan pada *spina neuralis* dan *spina haemalis*. Namun demikian, nilai selisih nisbah panjang *costae* pada kedua ikan tersebut lebih tinggi dibanding-kan *spina neuralis* dan *spina haemalis*, mencapai 7,74% pada centrum ke-19.



Gambar 7 Perbandingan nisbah panjang *spina neuralis*, *spina haemalis* dan *costae* *Tor tambroides* dan *Tor tambra*. Titik merah menunjukkan nilai nisbah *spina neuralis* dan *spina haemalis* posterior

Pembahasan

Kajian osteologi (tulang rangka) ikan telah menarik perhatian iktiologis sejak tahun 1770 (Arunkumar *et al.* 2018). Hingga saat ini, kajian osteologi ikan terus berkembang dan mendapat perhatian kalangan iktiologis dunia. Namun sayangnya, kajian osteologi ikan masih belum begitu populer di Indonesia. Menurut Jalili *et al.* (2015) kajian osteologi ikan berperan penting membantu memahami ekomorfologi dan hubungan filogenetik antarjenis ikan. Secara umum, tulang rangka pada ikan terbagi menjadi tiga bagian utama yaitu tulang kepala tulang tengkorak (*ossa cranium*), tulang belakang (*ossa vertebrae*), dan tulang anggota gerak (*ossa appendicularis*) (Zulfahmi *et al.* 2019).

Tulang belakang merupakan kumpulan tulang penyusun sumbu tubuh ikan yang dapat dikelompokkan kedalam empat bagian utama yaitu *axial vertebrae* (termasuk diantaranya tulang weber), *vertebrae abdominales*, *vertebrae caudales* dan *urostylus*. Namun pada beberapa famili ikan seperti Carangidae (Jawad 2015), Neoceratodontidae (Johanson *et al.* 2005), Clupeidae (Miyashita 2010), Chanidae (Coburn & Chai 2003) bagian *axial vertebrae*-nya cenderung tidak berkembang, sehingga tulang belakangnya hanya dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu *vertebrae abdominales*, *vertebrae caudales*, dan *urostylus*.

Salah satu ciri utama tulang belakang ikan famili Cyprinidae yaitu berkembangnya bagian *axial vertebrae*. Bagian ini terdiri atas *os centrum*, *claustrum*, *dorsal costae*, *intercalarium*, *pleura costae*, *processus lateralis*, *scaphium*, *arcus neuralis*, *supraneuralis* dan *tripus*. *Tor tambroides* dan *Tor tambra* sama sama memiliki empat *os centrum* pada bagian ini di mana

pleura costae nya melekat pada *os centrum* ke empat. Dibandingkan dengan genus dari famili Cyprinidae lainnya, jumlah *os centrum* di bagian *axial vertebrae* dari genus *Tor* cenderung identik dengan genus *Barbus* (Jalili *et al.* 2015; Nikmehr *et al.* 2016), genus *Danio* (Sanger & McCune 2002), genus *Paedocypris* (Britz & Conway 2009). Namun demikian cenderung berbeda apabila dibandingkan dengan genus cyprinion dan capoeta yang hanya dilaporkan memiliki tiga *os os centrum* pada bagian *axial vertebrae* (Nasri *et al.* 2013; Jawad & Alwan 2020).

Sanger & McCune (2002) mengungkapkan adanya variasi interspesifik yang tinggi pada morfologi tulang weber antarjenis ikan walaupun berada dalam satu genus yang sama. Hal ini kemudian menjadikan tulang weber menjadi salah satu parameter kunci dalam upaya mengklasifikasikan jenis ikan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan morfologi pada tulang *pleura costae*, *processus lateralis*, *claustrum*, *arcus neuralis* dan *intercalarium* antara *Tor tambroides* dan *Tor tambra*. Hal serupa juga dilaporkan terjadi pada ikan genus *Danio*. *Danio aequipinnatus*, *Danio devario*, *Danio kerri* dan *Danio pathirana* menunjukkan perbedaan morfologi tulang weber antara satu dan lainnya (Sanger & McCune, 2002).

Salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya variasi morfologi tulang weber antarjenis ikan adalah perbedaan kondisi lingkungan (Bird & Hernandez 2007). Tulang weber mempunyai tiga fungsi utama yaitu sebagai penyokong gelembung renang, membantu memperkokoh tulang belakang, dan membantu pendengaran (Bird *et al.* 2020).

Gelembung renang memiliki peran penting terutama bagi ikan-ikan yang hidup di kolom air akan tetapi mencari makan di dasar perairan. Hal ini kemudian diduga menjadi salah satu faktor penyebab berkembangnya tulang weber pada *Tor tambroides* dan *Tor tambra*. Menurut Haryono & Subagja (2008), *Tor tambroides* dewasa umumnya memiliki habitat berupa lubuk sungai dengan lebar antara 15-20 m, panjang 20-60 m, arus tenang sampai lambat, kedalaman air >1,5 m, dasar perairan batuan, substrat tersusun dari pasir dan kerikil, warna air jernih, dan penutupan kanopi >75%. Sementara itu, *Tor tambra* dewasa cenderung mendiami habitat berupa sungai yang lebih dangkal, berarus deras dengan substrat berbatu (Muhtadi *et al.* 2017). Perbedaan kondisi habitat ini diduga menjadi salah satu penyebab terjadinya perbedaan morfologi tulang weber antara kedua jenis ikan tersebut. Meskipun demikian, penelitian lanjutan untuk memastikan hal ini masih perlu dilakukan.

Perbedaan morfologi tulang belakang *Tor tambroides* dan *Tor tambra* juga terdapat pada bagian posterior *vertebrae caudales* dan *urostylus*. Pada centrum ke-38, *Tor tambra* teramati memiliki dua *spina neuralis* dan dua *spina haemalis*, sedangkan *Tor tambroides* hanya memiliki masing masing satu *spina neuralis* dan *spina haemalis*. Bagian *urostylus* *Tor tambroides* terlihat memiliki ligamen yang lebih kokoh ditandai dengan tidak adanya foramen diantara *os hypural*. Menurut Costa (2012), morfologi bagian *urostylus* antar jenis ikan cenderung menunjukkan variasi, sehingga ikut menjadi parameter kunci dalam upaya klasifikasi ikan disamping tulang weber. Hasil penelitian Yadav *et al.* (2018) mengungkapkan adanya variasi pada tulang penyusun bagian

caudalis antarjenis ikan dalam genus *Labeo*, *Bangana*, dan *Neolisochilus*. Jawad & Alwan (2020) menyatakan bahwa perbedaan morfologi pada bagian caudal (termasuk *urostylus*) akan memengaruhi pergerakan dan akselerasi ikan.

Secara morfometrik, disparitas hasil pengukuran antara kedua jenis ikan juga terlihat nyata pada bagian *axial vertebrae* dan bagian posterior *vertebrae caudales*. Hal ini menegaskan bahwa variasi tulang belakang antar jenis ikan baik secara morfologi maupun morfometrik lebih banyak terjadi pada bagian *axial vertebrae*, dan bagian caudal (termasuk *urostylus*) (Bird & Hernandez 2007; Costa 2012). Lebih lanjut, *Tor tambroides* memiliki nilai nisbah centrum (panjang, lebar dan tinggi), *spina neuralis*, *spina haemalis* dan *costae* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Tor tambra*. Hal ini selanjutnya diduga akan menjadi salah satu faktor yang memengaruhi bentuk morfometrik tubuh ikan. Secara visual, *Tor tambroides* terlihat lebih lebar dibandingkan dengan *Tor tambra*. Namun demikian, untuk membuktikan hal tersebut, kajian lebih lanjut terkait komparasi morfometrik kedua jenis ikan tersebut masih perlu dilakukan.

Simpulan

Perbedaan morfologi antara tulang belakang *Tor tambroides* dan *Tor tambra* tampak pada bagian *axial vertebrae*, posterior *vertebrae caudales* dan *urostylus*. Pada bagian *axial vertebrae*, perbedaan morfologi tampak pada *pleura costae*, *processus lateralis*, *claustrum*, *arcus neuralis* dan *intercalarium*. Sementara itu, pada bagian posterior *vertebrae caudales* dan *urostylus* tampak pada *spina neuralis* dan *spina haemalis* di centrum terakhir serta adanya foramen diantara *os hypural*. Secara morfometrik,

tulang belakang *Tor tambroides* cenderung memiliki nilai nisbah centrum (panjang, lebar dan tinggi), *spina neuralis*, *spina haemalis* dan *costae* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Tor tambra*. Disparitas hasil pengukuran antara kedua jenis ikan terlihat cukup kentara pada bagian *axial vertebrae* dan bagian posterior *vertebrae caudales*. Penelitian lanjutan terkait korelasi morfologi tulang belakang dengan kondisi perairan kedua jenis ikan masih perlu dilakukan.

Persantunan

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Islam Negeri Ar-Raniry yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Penelitian Dasar Pengembangan Program Studi Tahun 2019 (Reg No. 191150000015621).

Daftar pustaka

- Akmal Y, Zulfahmi I, Saifuddin, F. 2018a. Karakteristik morfometrik dan skeleton ikan keureling (*Tor tambroides* Bleeker 1854). *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, 2(1): 35-44.
- Akmal Y, Zulfahmi I, Rahardjo MF. 2018b. Morphology of appendicular skeleton of the Thai mahseer's *Tor tambroides* (Bleeker, 1854). *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 18(3): 261-274.
- Akmal Y, Zulfahmi I, Dhamayanti Y, Paujiah E. 2020. Osteocranium of *Tor tambroides* (Cypriniformes: Cyprinidae) from Tangse River, Aceh, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(2): 442-450.
- Arunkumar AA, Lakshmi NV, Manimekalan A. 2018. Osteological characterization of the genus *Puntius* (Teleostei: Cyprinidae) recorded from six river systems of southern Western Ghats, India. *Iranian Journal of Ichthyology*, 5(2): 139-166.
- Bird NC, Hernandez LP. 2007. Morphological variation in the weberian apparatus of Cypriniformes. *Journal of Morphology*, 268(9): 739-757.
- Bird NC, Richardson SS, Abels JR. 2020. Histological development and integration of the zebrafish Weberian apparatus. *Developmental Dynamics*. 249(1): 998-1017.
- Bogutskaya NG, Naseka AM, Golovanova IV. 2008. Descriptive osteology of *Gymnocorymbus ternetzi* (Teleostei: Characiformes: Characidae). *Zoo-systematica Rossica*, 17(2): 111-128.
- Britz R, Conway KW. 2009. Osteology of *Paedocypris*, a miniature and highly developmentally truncated fish (Teleostei: Ostariophysi: Cyprinidae). *Journal of Morphology*, 270(4): 389 – 412.
- Coburn MM, Chai P. 2003. Development of the anterior vertebrae of *Chanos chanos* (Ostariophysi: Gonorynchiformes). *Copeia*, (1): 175-180.
- Costa WJEM. 2012. The caudal skeleton of extant and fossil cyprinodontiform fishes (Teleostei: Atherinomorpha): comparative morphology and delimitation of phylogenetic characters. *Vertebrate Zoology*, 62(2): 161-180.
- Dierickx K, Wouters W, Van Neer W. 2017. Comparative osteological study of three species of distinct genera of Haplotilapiini (Cichlidae). *Cybbium*, 41(3): 223-235.
- Diogo R. 2008. *The Origin of Higher Clades, Osteology, Myology, Phylogeny and Evolution of Bony Fishes and the Rise of Tetrapods*. Science Publishers. USA. 396 p.
- Evans KM, Kim LY, Schubert BA, Albert JS. 2019. Ecomorphology of neotropical electric fishes: An integrative approach to testing the relationships between form, function, and trophic ecology. *Integrative Organismal Biology*, 1(1): 1-16.
- Haryono. 2017. Fauna ikan air tawar di perairan kawasan Gunung Sawal, Jawa Barat, Indonesia. *Berita Biologi*, 16(2): 147-156.
- 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* Bleeker, 1854) yang eksotik dan

- langka sebagai dasar domestikasi. *Biodiversitas*, 7(2): 195-198.
- Hilton EJ, Kley NJ. 2005. Osteology of the quillfish, *Ptilichthys goodei* (Perciformes: Zoarcoidei: Ptilichthyidae). *Copeia*, (3): 571-585.
- Howes GJ. 1982. Anatomy and evolution of the jaws in the semiplotine carps with a review of the genus *Cyprinion* Heckel, 1843 (Teleostei: Cyprinidae). *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology*, 42(4): 299-335.
- Jalili P, Eagderi S, Nikmehr N, Keivany Y. 2015. Descriptive osteology of *Barbus cyri* (Teleostei: Cyprinidae) from southern Caspian Sea basin. *Iranian Journal of Ichthyology*, 2(2): 105 – 112.
- Jawad LA, Alwan N. 2020. Osteological characters to define six species of the *Capoeta damascina* species complex (Cypriniformes: Cyprinidae). *Journal of Ichthyology*, 60(2): 182-203.
- Jawad LA. 2015. Study of the vertebral column of the onion trevally, *Carangoides caeruleopinnatus* (Teleostei: Carangidae) collected from the Sea of Oman. *Italian Journal of Zoology*, 82(1): 41-47.
- Johanson Z, Sutija M, Joss J. 2005. Regionalization of axial skeleton in the lungfish *Neoceratodus forsteri* (Dipnoi). *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution*, 304(3): 229-237.
- Kiat NC. 2004. *The kings of the rivers Mahseer in Malayan and the region*. Inter Sea Fishery. Selangor
- Kottelat M, Whitten AJ, Kartikasari SN, Wirjoat-modjo S. 1993. *Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi*. Periplus Editions Limited. Singapore
- Leprevost A, Sire JY. 2014. Architecture, mineralization and development of the axial skeleton in Acipenseriformes, and occurrences of axial anomalies in rearing conditions; can current knowledge in teleost fish help? *Journal of Applied Ichthyology*, 30(4): 767-776.
- Mafakheri P, Eagderi S, Farahmand H, Mousavi-Sabet H. 2015. Osteological structure of Kiabi loach, *Oxynoemacheilus kiabii* (Actinopterygii: Nemacheilidae). *Iranian Journal of Ichthyology*, 1(3): 197 – 205.
- Miyashita T. 2010. Unique occipital articulation with the first vertebra found in pristigasterids, chirocentrids, and clupeids (Teleostei: Clupeiformes: Clupeoidei). *Ichthyological Research*, 57(2): 121-132.
- Muchlisin ZA, Azizah S. 2009. Diversity and distribution of freshwater fishes in Aceh waters, northern Sumatra Indonesia. *International Journal of Zoological Research*, 5(2): 62-79.
- Muhtadi A, Dhuha OR, Desrita D, Siregar T, Muammar M. 2017. Kondisi habitat dan keragaman nekton di hulu Daerah Aliran Sungai Wampu, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara. *DEPIK Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 6(2): 90-99
- Nasri M, Keivany Y, Dorafshan S. 2013. Comparative osteology of lotaks, *Cyprinion kais* and *C. macrostomum* (Cypriniformes, Cyprinidae), from Godarkhosh River, western Iran. *Journal of Ichthyology*, 53(6): 455-463.
- Nikmehr N, Eagderi S, Jalili P. 2016. Osteological description of *Barbus lacerta* Heckel, 1843 (Cyprinidae) from Tigris basin of Iran. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(4): 473-477.
- Rojo AL. 1991. *Dictionary of Evolutionary Fish Osteology*. CRC Press. 273 p.
- Sanger TJ, McCune AR. 2002. Comparative osteology of the *Danio* (Cyprinidae: Ostariophysi) axial skeleton with comments on *Danio* relationships based on molecules and morphology. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 135(4): 529 – 546.
- Skonberg DI, Yogev L, Hardy RW, Dong FM. 1997. Metabolic response to dietary phosphorus intake in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 157(1): 11-24.
- Sukmono T, Solihin DD, Rahardjo MF, dan Affandi R. 2013. Iktiofauna di perairan hutan tropis dataran rendah, Hutan Harapan Jambi. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 13(2): 161-174.
- Webb PW. 1975. Hydrodynamics and energetics of fish propulsion. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 190: 1-159.

- Widjaja EA, Rahayuningsih Y, Ubaidillah R, Maryanto I, Rahajoe JS. 2014. *Kekinian keanekaragaman hayati Indonesia 2014*. LIPI Press. Jakarta.
- Yadav KK, Pandit S, Singh SB, Dhanze R. 2018. Comparative osteology of caudal skeleton of some cyprinids from north-east, India. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(4): 215-219.
- Zulfahmi I, Akmal Y, Batubara AS. 2018. The morphology of Thai mahseer's *Tor tambroides* (Bleeker, 1854) axial skeleton (*ossa vertebrae*). *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 8(1): 35-44.
- Zulfahmi I, Akmal Y, Muliari. 2019. *Osteologi Ikan Keureling (Tor tambroides)*. IPB Press, Bogor. 107 p.

Biological parameters of Bonylip barb (*Osteochilus vittatus* Valenciennes, 1842) in Lake Rawa Pening Semarang Regency

[Parameter biologis ikan nilem (*Osteochilus vittatus* Valenciennes, 1842) di Danau Rawa Pening Kabupaten Semarang]

Sadza Maulidyasari & Djumanto✉

Laboratorium Manajemen Sumberdaya Perikanan
Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada.
Jalan Flora Gedung A4, Bulaksumur Yogyakarta 55281
lely4192@yahoo.com

Diterima: 21 Mei 2020; Disetujui: 15 September 2020

Abstract

Bonylip barb (*Osteochilus vittatus* Valenciennes, 1842) is an indigenous fish which is the main target of fishermen in lake Rawa Pening. This study aims to determine the biological parameters including length-weight relationship, condition factor, and sex ratio of bonylip barb in lake Rawa Pening, Semarang Regency. Fish sampling was conducted biweekly from October 2019 to March 2020, caught using bamboo blinds operated by local fishermen. Data collected consisted of total length, individual weight, and sex. Data on the length-weight relationship and condition factors were analyzed descriptively, while the sex ratio was analyzed with the chi-square test (χ^2). The results showed that female bonylip barb was obtained as many as 392 individuals with a length-range between 10.0-26.0 cm and a weight range between 14.5-264.1 g. The male counted 255 individuals with a length range of 10.2-22.4 cm and a weight range of 15.0-160.9 g. The growth pattern was allometric negative. The equation of the length-weight relationship of female was $W = 0.0186 L^{2.9096}$ ($R^2 = 0.9527$), and the male was $W = 0.0151 L^{2.9689}$ ($R^2 = 0.9386$). The value of the average condition factor of females was 1.05, and the males was 1.02. The condition factor in females was in excellent condition (> 1.05), and males were in good condition (0.95-1.05). The overall sex ratio of male and female was 1:1.54. It means that females population was significantly higher than males.

Keywords: bonylip barb, growth, lake, sex ratio

Abstrak

Ikan nilem (*Osteochilus vittatus* Valenciennes, 1842) merupakan ikan asli yang menjadi target utama tangkapan nelayan di Rawa Pening. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter biologi yang meliputi hubungan panjang-berat, faktor kondisi dan nisbah kelamin ikan nilem di danau Rawa Pening Kabupaten Semarang. Pengambilan sampel ikan dilakukan dua minggu sekali dari bulan Oktober 2019 sampai Maret 2020, menggunakan kerai bambu yang dioperasikan oleh nelayan setempat. Data yang dikumpulkan terdiri atas panjang total, bobot individu, dan jenis kelamin. Data hubungan panjang-berat dan faktor kondisi dianalisis secara deskriptif, sedangkan nisbah kelamin dianalisis dengan uji *chi-square* (χ^2). Hasil penelitian diperoleh jumlah ikan nilem betina sebanyak 392 ekor dengan kisaran panjang antara 10,0-26,0 cm dan kisaran berat antara 14,5-264,1 g. Ikan nilem jantan sebanyak 255 ekor dengan kisaran panjang antara 10,2-22,4 cm dan kisaran berat antara 15,0-160,9 g. Pola pertumbuhan ikan nilem di danau Rawa Pening bersifat allometri negatif. Persamaan hubungan panjang-berat ikan nilem betina yaitu $W = 0.0186L^{2.9096}$ ($R^2 = 0.9527$), dan jantan yaitu $W = 0.0151 L^{2.9689}$ ($R^2 = 0.9386$). Nilai faktor kondisi ikan nilem betina rerata 1,05, sedangkan ikan nilem jantan rerata 1,02. Proporsi faktor kondisi ikan nilem betina terbanyak dalam keadaan sangat baik ($>1,05$), sedangkan ikan nilem jantan berada dalam kondisi baik (0,95-1,05). Rasio betina dan jantan secara keseluruhan yaitu 1,54 : 1, yang menunjukkan populasi betina secara nyata lebih banyak dari pada jantan.

Kata kunci: danau, nilem, nisbah kelamin, pertumbuhan

Introduction

Lake Rawa Pening is formed through the damming of the Tuntang River so that it has an elongated oval shape. It's located in Central Java Province and is bordered by four districts, namely Bawen, Banyubiru, Ambarawa and Tuntang. It's surrounded by hills, mountains, and

dams in Tuntang river (Aida & Utomo 2016).

Lake Rawa Pening has an area of around 1770-2770 hectares, a depth of 1.5-2.5 m, and a volume of water around 25-65 million m³. Water entering lake Rawa Pening carries nutrients from upstream that can increase water fertility so that lake Rawa Pening has great fishery potential for

the surrounding community (Samudra *et al.* 2013).

Lake Rawa Pening is a freshwater ecosystem in Central Java Province that has a large potential of fishery resources. Fishery activities in lake Rawa Pening consist of capture fisheries and aquaculture that aim to improve the community's economy. Fishing in lake Rawa Pening is done using various types of fishing gear such as lift net, bamboo blinds, fishing rods, gill nets, fishing trap, and nets. The fish capture consists of red devil (*Amphilophus amarillo*), Indonesian snakehead (*Channa micropeltes*), striped snakehead (*Channa striata*), Bronze featherback (*Notopterus notopterus*), Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*), Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), bonylip barb (*Osteochillus vittatus*), Marble goby (*Oxyeleotris marmorata*), Yellow rasbora (*Rasbora lateristriata*) and Three spot gourami (*Trichopodus trichopterus*) (Weri & Sucahyo 2017). Fish catch production in lake Rawa Pening is 1,000-1,200 tons/year (Aida & Utomo 2016).

The main commodity of fish capture in lake Rawa Pening is bonylip barb. It's an endemic fish in lake Rawa Pening whose presence has gradually declined. Previously this species was known as *Osteochillus hasseltii* and then changed to *Osteochillus vittatus* (Froese & Pauly 2019). Bonylip barb is exploited for fresh consumption of the community, which is distributed to the surrounding cities. The level of exploitation carried out is very high and continuous without management, resulting in overfishing that can threaten sustainability.

Analysis of the length-weight relationship is very useful for estimating the average value of fish caught from a sample of the fish's length. Length-weight relationships can provide

information on fish species' growth patterns and conditions (Radhi *et al.* 2018). Information on the length and weight relationship of a fish species can be used to estimate the weight or size of a particular fish species and determine the fishing gear's selectivity. Likewise, the sex ratio can be used to determine the reproductive potential of fish in the water. The condition factor is a value that indicates the plumpness or thinness of the fish. Research on the biological parameters of the bonylip barb in lake Rawa Pening has done by Rochmatin *et al.* (2016) in short periods, so it needs to be done to add data and information about the biological aspects. The study of length and weight is significant for fisheries studies, conservation, and fish management in aquatic systems. Information on the length-weight relationship, the condition factor, and the sex ratio is expected to provide information on the biological aspect of the bonylip barb in lake Rawa Pening. It can be the basis for fisheries management and the development of further research on aspects of fisheries biology, especially related to the growth of bonylip barb in lake Rawa Pening. This study aims to determine the biological parameters that include length-weight relationship, the condition, and the sex ratio of bonylip barb fish in the lake Rawa Pening Semarang Regency.

Material and method

Sampling station

The bonylip barb sampling was carried out at six sampling stations in lake Rawa Pening (Figure 1). The fish was collected using several sheets of bamboo blinds with a length of 20 m x 2 m and a gap width of 1 cm. Fish hiding under hordes of water hyacinth plants were locked up using bamboo blinds. The fence size was reduced

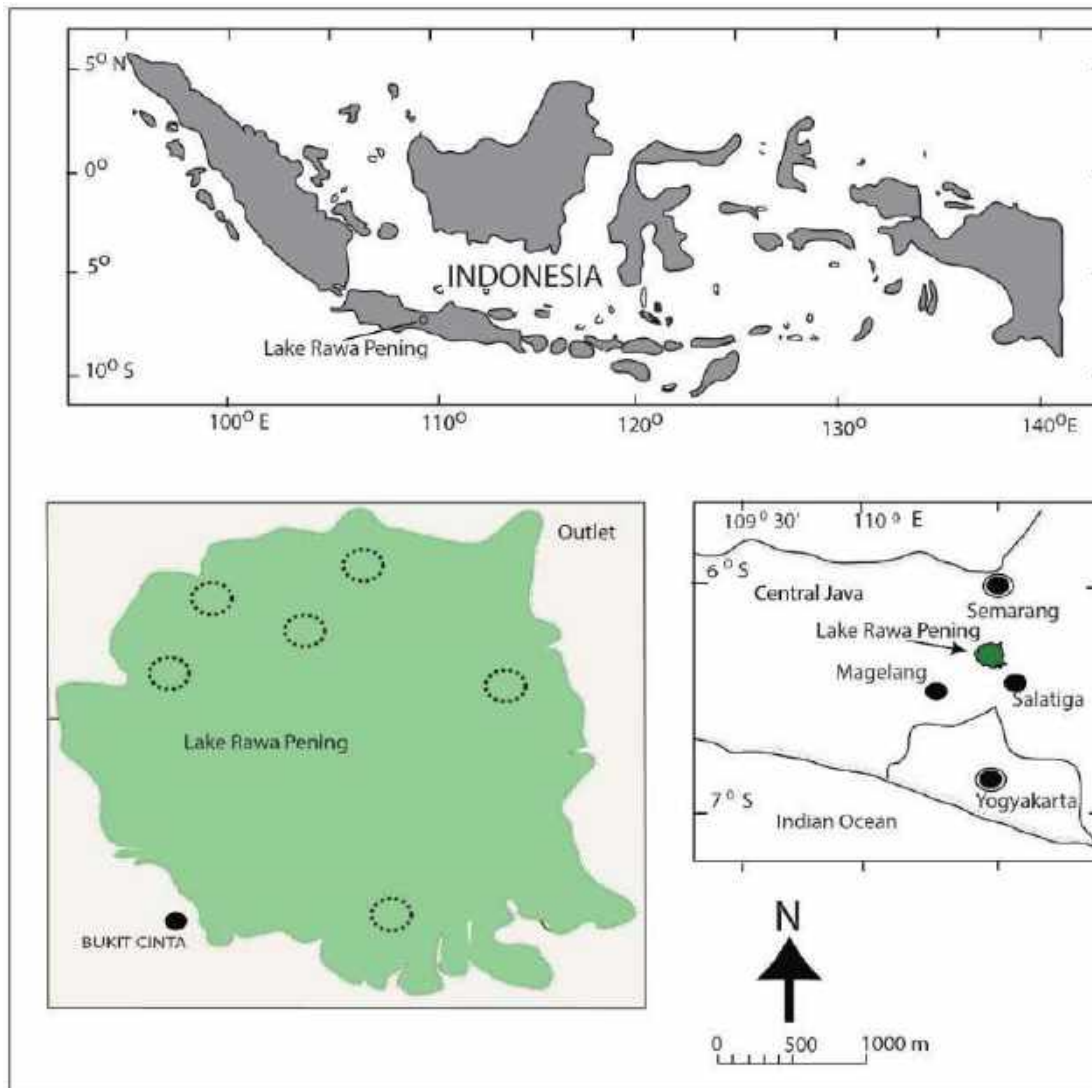


Figure 1 Map of lake Rawa Pening where bonylip barb was sampled using a blind bamboo fence on a hyacinth group (circle dash line).

gradually by sliding the blinds toward the center, and the water hyacinth plants were removed. When the size of the cage gets smaller, then the trapped fish were collected using a net. Sampling was conducted biweekly from October 2019 to March 2020. Fish collected every month about 100 individuals.

Bonylip barb captured was kept in a cool box that was given ice cubes to maintain freshness. Fish samples were then transferred to the Aquatic Resources Management Laboratory to measure the total length, individual weight, and

sex identification. Female fish have gonads while males have testes in their abdominal cavity.

Each fish was measured the total length from the tip of the upper jaw to the tip of the tail fin using a ruler with an accuracy of 0.1 cm. Fish weights were measured using a digital scale with a precision of 0.1 g. Each fish is then dissected to the abdomen to determine its sex.

Data analysis

The sex ratio of females and males was tested using chi-square (χ^2), with the following formula (Effendie 1979, Biswas 1993).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(oi-ei)^2}{ei}$$

Note: χ^2 = sex distribution ratio, oi = observation frequency, ei = expectation frequency

The length and weight parameters of the fish were used to estimate the fish length-weight relationship model. Furthermore, by using a fish length-weight relationship model, fish growth patterns could be determined. The long-term relationship model was obtained through correlation analysis and linear regression using the following equation (Effendie 1979, Biswas 1993):

$$W = aL^b$$

where: W = weight of individual fish (g), a = intercept, L = total length of fish (cm), b = slope

The formula of the power equation was then differentiated to a linear equation $y = a + bx$ with logarithms, so that it becomes $\log W = \log a + b \log L$. Note: $y = \log W$, $a = \log a$, and $x = \log L$. The b value was the slope, and the a value was the intersection point with the y-axis. Then the t-test of the value of b was performed to find out the real difference with 3. If $b = 3$, then the fish growth pattern was isometric, whereas if $b \neq 3$, then the allometric fish growth pattern. Fish

growth patterns were then used to determine the condition factor of the fish.

Fish condition factors (K_{TL}) on isometric growth were calculated by formula according to Biswas (1993), that was:

$$K_{TL} = \frac{10^5 w}{l^3}$$

where w = body weight (g), l = length (mm)

In allometric conditions, the relative condition factor (K_n) of fish was calculated by the following formula:

$$K_n = \frac{w}{al^b}$$

Results

Sex ratio

The ratio between females and males as a whole was 1.54: 1. The overall female population was more abundant than male populations. The ratio of female and male every month is presented in Table 1.

The sex ratio of the bonylip barb as a whole has more female populations than males. Similarly, the female population at the beginning of the rainy season (October-December) is more than the peak rainy season (January-February). Equal male and female populations occur at the peak rainy season. The sex ratio based on the length, which is < 14 cm long, between 14-18 cm and > 18 cm, shows that at a length of 14-18 cm the population of females and

Table 1 Female and male sex ratios of bonylip barb monthly sampling in Lake Rawa Pening

Sex	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Total
♀	74	57	61	55	65	80	392
♂	19	28	37	68	56	47	255
Total	93	85	98	123	121	127	647
Ratio	3.89	2.04	1.65	0.81	1.16	1.70	1.54
χ count	32.53*	9.89*	5.88*	1.37	0.67	8.57*	29.01*
χ table	3.84	3.84	3.84	3.84	3.84	3.84	3.84

Sign * shows significantly different ($P > 0.05$)

males was balanced, while the sizes of < 14 cm and > 18 cm females were more numerous.

Distribution of length and weight

The size distribution frequency of females and males is presented in Figure 2. The number of bonylip barb samples obtained was 647 individuals, with the composition of female 392 individuals and males 255 individuals. Overall total length ranges from 10.0-26.0 cm. The size of females ranges from 10.0-26.0 cm. Meanwhile, males range from 10.0-23.0 cm. The

length distribution of females and males was relatively similar.

The length frequency of females has two modes at sizes 14 and 18 cm, whereas males have one mode at a size of 15 cm, respectively. The length distribution for females was dominated (> 10%) size of 18-20 cm, whereas the size of 14-18 cm dominated the male. The average female was 16.8 cm, whereas, in females, it was 15.4 cm.

As a whole, the individual weight of bonylip barb ranges from 14.5-264.0 g. The weight of individuals female ranged from 14.5-264.0 g,

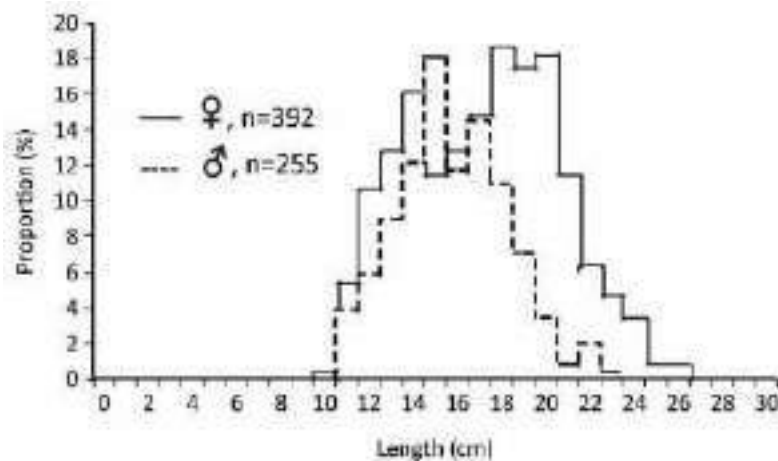


Figure 2 The total length frequency distribution of female (—) and male (----) bonylip barb in lake Rawa Pening.

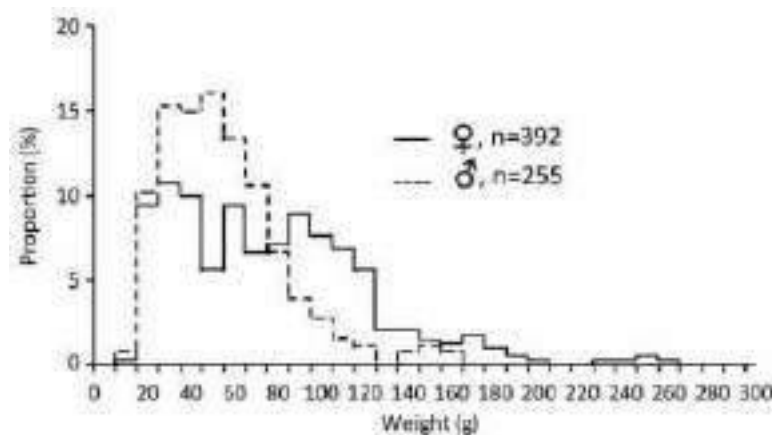


Figure 3 Distribution of weight of individual females (—) and males (----) of bonylip barb in lake Rawa Pening

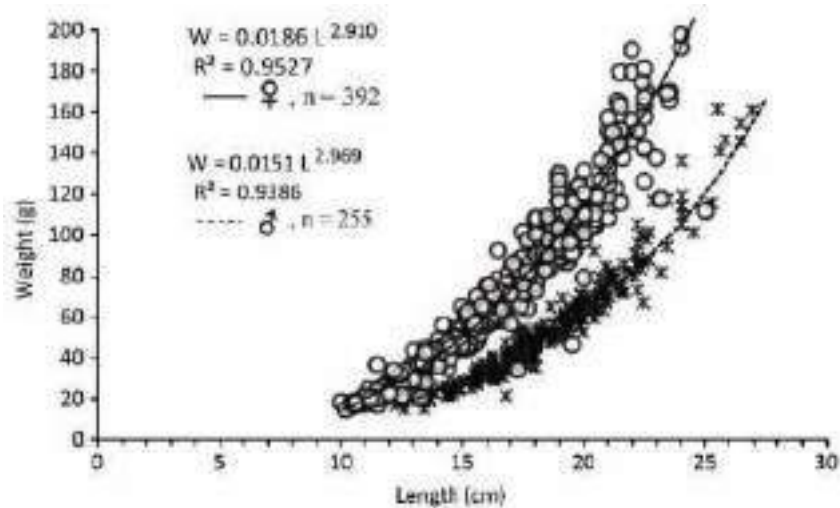


Figure 4 Length-weight relationship of female (—) and male (----) bonylip barb in lake Rawa Pening.

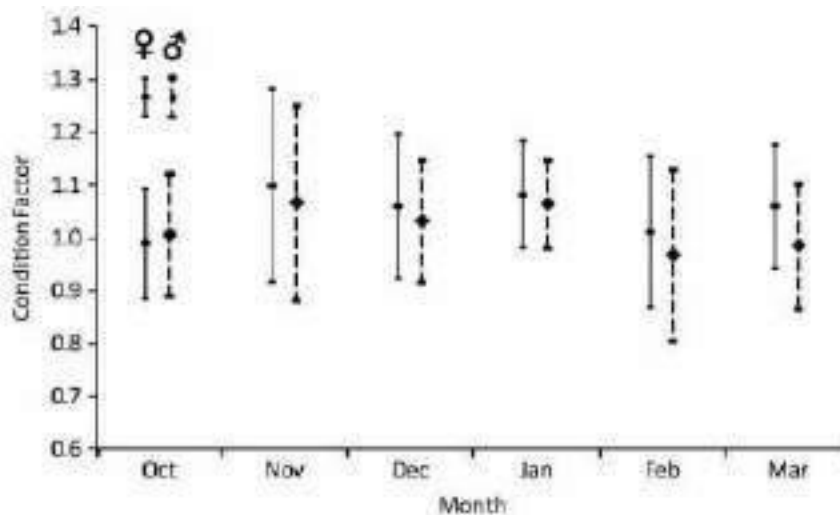


Figure 5 Condition factors (mean and standard deviation) of female (—) and male (- - -) bonylip barb in lake Rawa Pening.

whereas in males ranges from 15.0-161.0 g. The distribution of the individual weight of males and females is presented in Figure 3.

Overall, the individual weight ranges between 15-260 g. Females have a broader range of sizes, with four size groups, namely <50, 50-120, 120-200, and >200 g, while the male distribution was narrower with two groups, namely <100 and >100 g of size groups. The individual weight of females ranges between 15-

260 g, whereas in males ranges between 15-160 g. The individual weights of the female were dominated between 20-120 g, while the male ranged from 20-80 g.

The length and weight relationships are presented in Figure 4. The length-weight relationship in the female population determined the equation $W = 0.0186 L^{2.910}$ with a coefficient of determination (R^2) of 0.9527. In the male population, the length-weight relationship equation

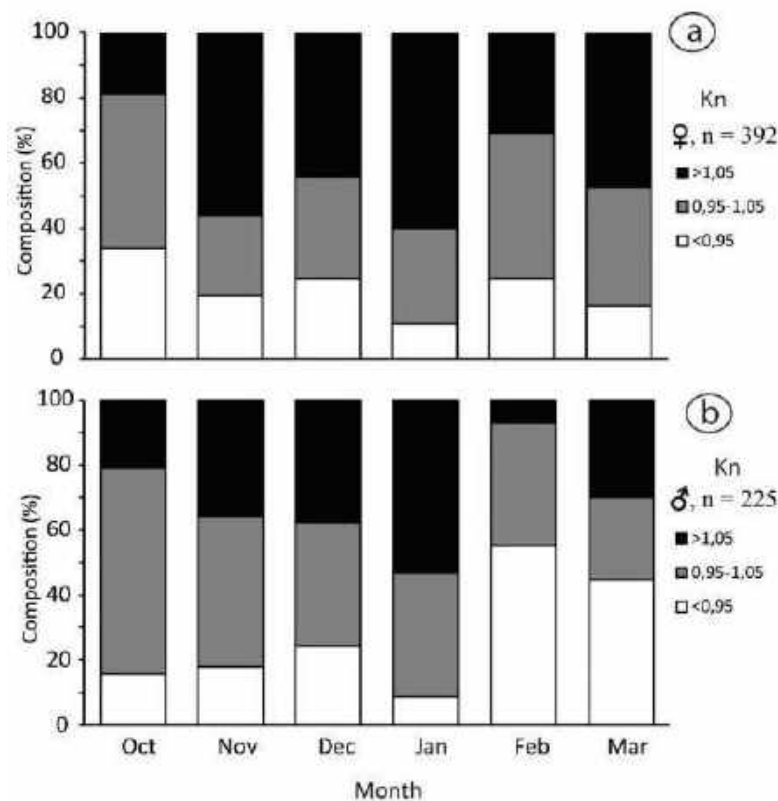


Figure 6. The proportion of female (a) and male (b) bonylip barb in lake Rawa Pening.

was $W = 0.0186 L^{2.969}$, with a coefficient of determination (R^2) of 0.9386. The value of b in the female population was 2.910, and the male was 2.969. The results of the statistical analysis of female and male b values showed $b < 3$ so that the growth pattern was negative allometric. The correlation coefficient value in the female population was 0.97, while the male was 0.98.

Condition factor

The condition factors (Kn) of females and males were presented in Figure 5. The condition factor for females ranges from 0.46-1.66 with a mean of 1.05 and a standard deviation of 0.13. In males, the condition factor ranges between 0.56-2.06 with an average of 1.02 and a standard deviation of 0.13.

The condition factor value shows the condition level of fish caught in the lake Rawa

Pening. The condition level of bonylip barb classified into three categories, namely the category as thin fish $Kn < 0.95$, type as moderate fish $0.95 < Kn < 1.05$, and classified as fat fish $Kn > 1.05$. Based on the average condition factor of the fish showed moderate obesity. The proportion of condition factor categories is presented in Figure 6.

Female bonylip barb was dominated by category $Kn > 1.05$, which shows the condition of females classified as fat. Females were classified as thin were found in October, while females in the fat category were found in January. The male condition factor was dominated by the group of $0.95 < Kn < 1.05$, which indicates moderate obesity. Male in the thin category ($Kn < 0.95$) were found in February, while the fat group ($Kn > 1.05$) was found in January.

Discussion

In general, the female bonylip barb populations were more numerous and dominant, while male populations were in balance during the peak of the rainy season and in the adult or parent groups. Female groups dominate the fish population in the juvenile and old stage. The bonylip barb females in Sidenreng Lake was also more than the male (Omar 2010). More females were indicators of healthy environmental conditions and abundant feed availability (Famoofo & Abdul 2020). This result was in contrast to bonylip barb, *Osteochilus waandersii* in the Landak River that found a higher male population (Soetignya *et al.* 2020). When the feed condition is limited, competition occurs to obtain feed resources, and a male population with a larger body size will be superior (Rostika *et al.* 2017). The waters of Lake Rawa Pening were very fertile, providing plankton and aquatic plants, so that female populations were more abundant (Famoofo & Abdul 2020).

Bonylip barb catches using the bamboo blinds fence at lake Rawa Pening have wide variations in length and weight. The frequency distribution of the total length and individual weight of females spreads wider. Females have more modes and wider length distribution. The female population consists of various groups, namely young (<12 cm), adult (12-20), and old (>20 cm) (Putri *et al.* 2015). In the male population, stage groups were found from young until adult, while the elderly population was absent. These results were supported by Rochmatin *et al.* (2014) using fish samples from the lift net catch. The wide range of length and weight and the many age groups indicate that the Rawa Pening Lake aquatic ecosystem can provide adequate food for all age groups. Lake Rawa Pening is

very fertile and classified as eutrophic to hyper-eutrophic waters (Zulfia & Aisyah 2013).

The bonylip barb growth was affected by the availability of adequate food and suitable abiotic conditions. The main food types consist of algae and aquatic plants (93%), then phytoplankton (2.91%), zooplankton (0.004%), mollusks (0.68%), insects (0.0005%), and detritus (0.21%) and not identified (Putri *et al.* 2015). Plankton species were found as many as 147 genera of organisms dominated by the Cryptophyceae, Dinophyceae, Cyanophyceae, Euglenophyceae, and Bacillariophyceae. Several phytoplankton species were very abundant, namely *Navicula* sp., *Peridinium* sp., *Haematococcus* sp., *Aulacoseira* sp., *Synendra* sp., and *Nitzschia* sp. Phytoplankton abundance ranged from 14-20 individuals/l. The density of phytoplankton was higher in the middle of the waters, while low was at the outlet (Samudra *et al.* 2013). Aquatic plants are dominated by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) whose cover reaches 20 percent of the surface area. The fresh biomass weight reached 15-28 kg/m², and its density was 40-60 individual plants/m², with plant height up to 50 cm. Some aquatic plants grew abundantly and became the leading food of bonylip barb, such as *Hydrilla verticillata*, *Salvinia cucullata*, and *Salvinia molesta* (Goeltenboth & Kristyanto 1994). The abundant feed availability was a significant contributor to the bonylip barb biomass growth in lake Rawa Pening.

Eutrophication in lake Rawa Pening waters was due to organic material's entry through surface streams and spring. The total concentrations of phosphorus, total nitrogen, and chlorophyll-a are very high. The range of nitrate, phosphate, and chlorophyll-a values range from 1.38–2.18 mg/l, 0.013–0.030 mg/l, and 4.71–

7.30 mg/l (Zulfia & Aisyah 2013). The excessive and even uncontrolled growth of algae, plankton, and aquatic plants affected by very high nutrient concentrations. Organic matter entering the waters continues to increase caused a very high concentration of total phosphorus. Phosphorus content in a stream affects the abundance of phytoplankton, affecting food availability for bonylip barb growth.

The length-weight relationship showed negative allometric growth patterns. Increased weight was not as fast as long cubic growth, and fish growth tends to be lean. In general, the value of b ranges from 2.5 to 3.5 (Froese 2006). The fish phase in its life cycle strongly influences the value of b , and fish tend to plump when approaching spawning. In this study, the allometric growth pattern was supported by Rochmatin *et al.* (2013). However, its relatively different from the work of Hamid *et al.* (2015). They found isometric growth patterns ($b = 3.038$) on bonylip barb in Temengor lake, Malaysia. The difference in the value of b can be due to environmental conditions where fish live, feed availability, fish life phase, fish activity, fish morphometry, sampling time, and several other factors (Famoofo & Abdul 2020).

Values of b obtained in the same species may differ due to several factors, namely sampling time, habitat differences, ecological conditions, biological conditions, and feed abundance (Radhi *et al.* 2018). Environmental factors that affect growth patterns such as seasonality and water quality. Changes in the season between rain and drought will affect water quality (Zulfia & Aisyah 2013). In the rainy season, water sources are very abundant and good quality, so the value of b tends to increase. The biological factors were such as growth phase, sexual maturity, feeding

habits. Besides, internal and external factors can affect the growth rate of fish length and weight. Internal factors include genes, sex, age, and disease presence, while external factors include temperature, food availability, and environmental quality. Seasonal changes affect water sufficiency and ecological conditions, so the value of b in the dry season tends to decrease (Famoofo & Abdul 2020).

The values of condition factor >1 indicate bonylip barb in lake Rawa Pening in good condition, sufficient feed available, and suitable habitat. Lake Rawa Pening obtains nutrients carried by surface streams and spring, which is very prolific (Samudra *et al.* 2013). This study's condition factor value was in line with the previous research in lake Rawa Pening (Rochmatin *et al.* 2014) and Temengor lake (Hamid *et al.* 2015). The highest factor value was found in adult fish populations or when habitat conditions were right, such as during the rainy season, which triggers an abundant prey population. Variations in length and weight size cause differences in the value of the condition factor.

Overall, the condition factor for female bonylip barb was higher than males. It shows that female was more efficient in utilizing feed sources. Also, in females, it was assumed that the proportion of ovarian weights to total body weight was more (Rochmatin *et al.* 2013). The ratio of female gonad weight ranges from 1.5-11.2%, while males range from 1.2-5.0% (Omar 2010). Young fish and dry season have undeveloped gonads, so the proportion of gonad weight to body weight was relatively low. Gonadal volume increases with the size and number of oocytes so that in adult individuals have a larger size and number of oocytes. Therefore, in the spawning season, which coincides with the rainy

season, the stomach cavity was filled with more gonads, then the proportion of gonad weights was higher than in other seasons.

The condition factor of the male and female bonylip barb each month of sampling has the same pattern and varies. The value of the condition factor in female fish was > 1.05 (very plump), while the male was between 0.95-1.05 (medium fat). The high fish condition factor occurs at the peak of the rainy season, while it is relatively low at the beginning or end of the rainy season. It indicates that the habitat of lake Rawa Pening can provide sufficient feed and nutrients so that it is suitable for the growth and reproduction of the bonylip barb. The lake Rawa Pening is very abundant in algae and aquatic plants (Goeltenboth & Kristyanto 1994). Variations in the value of conditions related to season or rainfall. High rainfall brings many nutrients into the lake, thus stimulating the growth of phytoplankton and aquatic plants that can provide enough food for the bonylip barb.

Conclusion

Bonylip barb caught by blinds fishing gear in lake Rawa Pening has 10-26 cm and a weight of 15-265 g. The length and weight range of the female population was wider than the male. The length-weight relationship of bonylip barb was very strong and had a negative allometric pattern. Fish condition factors show that the female was very plump, and males were fat. Overall, female populations were more abundant than males and balanced at the peak rainy season.

Acknowledgment

Thank you to the Dean of the Agriculture Faculty UGM, who has funded the research grant

no 1757/PT/PN/2019, and Mr. Arifin, who has helped collect samples of bonylip barb.

References

- Aida SN, Utomo AD. 2016. Kajian kualitas perairan untuk perikanan di Rawa Pening, Jawa Tengah. *Bawal*. 8(3): 173-182.
- Biswas SP. 1993. *Manual Methods in Fish Biology*. South Asian Publishers Pvt Ltd. New Dehli. India. 157 p.
- Effendie MI. 2002. Biologi Perikanan. Yayasan Pustaka Nusantara. Cetakan Kedua. Yogyakarta. 163 hlm.
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal Applied Ichthyology*, 22(1): 241–253.
- Froese R, Pauly D. 2019. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, (12/2019).
- Famoofo OO, Abdul WO. 2020. Biometry, condition factors and length-weight relationships of sixteen fish species in Iwopin freshwater ecotype of Lekki Lagoon, Ogun State, Southwest Nigeria. *Heliyon*, 6(1): 1-8
- Goeltenboth F, Kristyanto AIA. 1994. Fisheries in the Rawa Pening Reservoir, Java, Indonesia. *International Review of Hydrobiology*, 79(1): 113-129
- Hamid MA, Mansor M, Nor SAM. 2015. Length-weight relationship and condition factor of fish populations in Temengor Reservoir: Indication of environmental health. *Sains Malaysiana*, 44(1): 61–66.
- Omar SBA. 2010. Aspek reproduksi ikan nilem, *Osteochilus vittatus* (Valenciennes, 1842) di Danau Sidenreng, Sulawesi Selatan. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 10(2): 111-122
- Putri MRA, Sugianti YS, Krismono. 2015. Beberapa aspek biologi ikan nilem (*Osteochillus vittatus*) di Danau Talaga, Sulawesi Tengah. *Bawal*. 7 (2): 111-120
- Radhi AM, Fazlinda MN, Amal MNA, Rohasliney H. 2018. A review of length-weight relationships of freshwater fishes in Malaysia. *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research*, 20(1): 55-68.

- Rochmatin S Y, Solichin A, Saputra SW. 2014. Aspek pertumbuhan dan reproduksi ikan nilem (*Osteochilus hasselti*) di perairan Rawa Pening Kecamatan Tuntang Kabupaten Semarang. *Diponegoro Journal of Maquares*. 3(3): 153-159.
- Rostika R, Andriani Y, Junianto. 2017. Fecundity performance of nilem (*Osteochilus vittatus*) from Cianjur, Tasikmalaya and Kuningan Districts, West Java, Indonesia. *Asian Journal of Agriculture*. 1(1): 17-21
- Samudra SR, Soeprbowati TR, Izzati M. 2013. Komposisi, Kemelimpahan dan Keane-karagaman Fitoplankton Danau Rawa Pening Kabupaten Semarang. *Bioma*, 15(1): 6-13
- Soetignya WP, Munir AMS, Hurriyani Y, Anzani YM. 2020. The reproductive biology of Waanders's hard-lipped barb, *Osteochilus waandersii* in the Landak River, Indonesia. *AACL Bioflux*, 13 (2): 640-649
- Weri MN, Sucahyo. 2017. Keterkaitan alat tangkap ikan dengan jenis ikan yang didapatkan di Rawa Pening. *Bioedukasi*. 10(2): 35-43.
- Zulfia, Aisyah N. 2013. Status trofik perairan rawa pening ditinjau dari kandungan unsur hara (PO_3 dan PO_4) serta klorofil-a. *Bawal*, 5(3): 189-199.

Length-weight relationship and condition factor of an endemic *Lagusia micracanthus* Bleeker, 1860 in Rivers of the Maros Watershed

[Hubungan panjang bobot ikan endemik, *Lagusia micracanthus* Bleeker, 1860 pada Sungai-Sungai di Daerah Aliran Sungai Maros]

Muhammad Nur^{1,2}, M.Fadjar Rahardjo³, Charles P.H Simanjuntak³,
Djumanto⁴, Krismono⁵

¹) Doctoral Program, Graduated School of Aquatic Resources Management, IPB University
Jl. Lingkar Kampus IPB, Bogor 16680

²) Department of Fisheries, Sulawesi Barat University
Jl. Prof Baharuddin Lopa, Majene, West Sulawesi 91412

³) Department of Aquatic Resources Management, IPB University
Jl. Lingkar Kampus IPB, Bogor 16680

⁴) Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Gadjah Mada University
Jl. Flora Gedung 4A, Bulaksumur Yogyakarta 55281

⁵) Research Center for Recovery of Fish Resources, Ministry of Marine Affairs and Fisheries
Jl. Cilalawi, Jatiluhur, Purwakarta, West Java 41152
muhammadnur@unsulbar.ac.id, mf_rahardjo@yahoo.com, charles_phs@apps.ipb.ac.id,
lily4192@yahoo.com krismono2006@yahoo.com

Diterima: 30 August 2020; Disetujui: 29 September 2020

Abstract

Lagusia micracanthus is one of endemic freshwater fish in Sulawesi. It also has been locally consumed. The purpose of this research was to analyze length-weight relationship and condition factors of *L. micracanthus* in rivers of the Maros Watershed, South Sulawesi Province. The study was conducted in three rivers, namely Pattunuang River, Bantimurung River and Pucak River. The sampling was conducted monthly from May 2018 to April 2019. Fish samples were collected by an electric shocker (12 V and 9 A). A total of 1850 individual fishes with samples ranging from 31.58-127.79 mm in total length and 0.76-31.07 g in weight. The length-weight relationship was $W = 0.00009L^{2.6241}$ ($r = 0.95$) in Pattunuang River, $W = 0.0001L^{2.5237}$ ($r = 0.94$) in Bantimurung River, and $W = 0.0001L^{2.4953}$ ($r = 0.92$) in Pucak River. The slope (b) values of *L. micracanthus* obtained a negative allometric growth pattern ($b < 3$). The relative condition factors of *L. micracanthus* was fluctuated from 0.86 to 1.43 in Pattunuang River, 0.65 to 1.45 in Bantimurung River, and 0.55 to 1.26 in Pucak River. The condition factor increased towards the peak of the spawning season and decreased after the spawning period. The condition factor increased with the increasing of gonad maturity stage up to stage IV and decreased after spawned or stage V.

Keywords: Length-weight relationship, condition factor, endemic fish, *Lagusia micracanthus*, Maros Watershed

Abstrak

Lagusia micracanthus merupakan salah satu ikan endemik air tawar Sulawesi. Ikan ini telah lama dimanfaatkan masyarakat lokal sebagai ikan konsumsi. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan panjang-bobot dan faktor kondisi *L. micracanthus* di sungai-sungai pada Daerah Aliran Sungai Maros, Provinsi Sulawesi Selatan. Penelitian dilakukan di tiga sungai yaitu Sungai Pattunuang, Sungai Bantimurung dan Sungai Pucak. Pengambilan ikan contoh dilakukan setiap bulan dari Mei 2018 hingga April 2019. Penangkapan ikan contoh menggunakan alat tangkap *electric shocker* (12 V & 9 A). Total ikan yang tertangkap sebanyak 1850 ekor dengan panjang berkisar 31,58-127,79 mm dan bobot 0,76-31,07 g. Hasil penelitian menunjukkan, hubungan panjang bobot *L. micracanthus* di Sungai Pattunuang adalah $W = 0,00009L^{2,6241}$ ($r = 0,95$), Sungai Bantimurung $W = 0,0001L^{2,5237}$ ($r = 0,94$) dan Sungai Pucak $W = 0,0001L^{2,4953}$ ($r = 0,92$). Berdasarkan nilai b yang diperoleh *L. micracanthus* tergolong ke dalam tipe pertumbuhan allometrik negatif ($b < 3$). Nilai faktor kondisi ikan pirik berfluktuasi. Di Sungai Pattunuang nilai faktor kondisi berkisar antara 0,55-1,26, di Sungai Bantimurung berkisar 0,65-1,45 dan di Sungai Pucak berkisar 0,55-1,26. Faktor kondisi meningkat menjelang puncak musim pemijahan dan menurun setelah masa pemijahan. Faktor kondisi meningkat seiring peningkatan tingkat kematangan gonad sampai pada TKG IV dan menurun setelah ikan berpijah atau pada TKG V.

Kata penting: Hubungan panjang bobot, faktor kondisi, ikan endemik, *Lagusia micracanthus*, DAS Maros

Introduction

Sulawesi, the largest island in the Indonesian biodiversity hotspot region Wallacea (Stelbrink *et al.* 2012; Miesen *et al.* 2015). Sulawesi Island is a habitat for endemic ichthyofauna which cannot be found anywhere in the world (Hadiaty 2018). Based on its geological history, Sulawesi Island in the past was never united with any land, in contrast to Sumatra, Jawa, Bali, and Kalimantan Islands which were once united with mainland Asia (the Sunda Shelf), as well as Papua and the Australian mainland (Sahul Shelf) (Shekelle & Leksono 2004). Currently, the number of endemic fish species identified in Sulawesi keeps increasing due to new species discovered by researchers. A total endemic fish in Sulawesi is 23 species (Whitten *et al.* 1987), 52 species (Kottelat *et al.* 1993), 56 species (Parenti 2011), and currently there are 68 species from seven families and belong to four orders (Hadiaty 2018). *Lagusia micracanthus* is known as endemic fish of Sulawesi.

Lagusia micracanthus is one of the endemic freshwater fishes which distributed locally in South Sulawesi rivers (Vari & Hadiaty 2012; Hadiaty 2018). *L. micracanthus* is unique endemic fish species because it is the only endemic fish of Sulawesi from genus *Lagusia* and Family Terapotindae. The high intensity of fishing for consumption has led to a decline the population of *L. micracanthus* in its habitat (Nur & Dahlan 2015). Apart from being a species that is consumed, *L. micracanthus* are considered as ornamental fish because of their interesting body and color patterns.

The study of length-weight relationship (LWR) and condition factor (K) are an important parameter in fisheries management (Jisr *et*

al. 2018; Olivera *et al.* 2020). The length-weight relationship can describe an important aspect of the fish life cycle (Froese 2006), namely the growth pattern of a fish species (Jisr *et al.* 2018), and variations growth (Bobori *et al.* 2010). A LWR study for a fish species can provides important insights into the ecology of the species (Froese 2006). Condition factors can be interpreted as an index that interacts between biotic and abiotic factors on the physiological condition of fish (Faradonbeh *et al.* 2015) and is a number that indicates fitness habitat (Jisr *et al.* 2018). From a nutritional point of view, the conditions factor in fat accommodation and gonad development (Le Cren 1951). This factor is calculated from LWR, with the intention of describing the "condition" of each fish (Froese 2006).

The information about the length-weight relationship of *L. micracanthus* is still limited. LWR of this species has only been reported by Nur (2015), but it was limited to only two locations and does not cover all seasons. This study aims to analyze LWR and condition factor of *L. micracanthus* in Maros Watershed rivers. The results are expected to be useful in strategic and sustainable management of *L. micracanthus* endemic fish in South Sulawesi.

Material and methods

Study sites

Fish sampling was conducted monthly from May 2018 to April 2019. Fish sampling was carried out at six locations, which consisted of three rivers in the Maros Watershed, i.e. Pattunuang River, Bantimurung River and Pucak River (Figure 1).

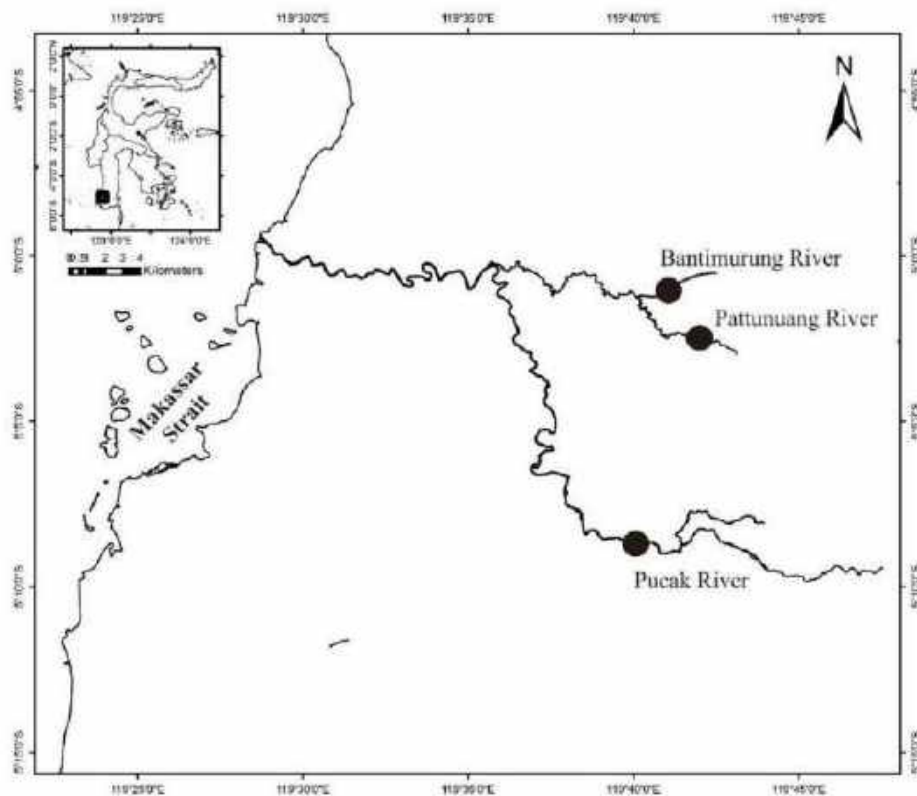


Figure 1 Map of sampling sites in rivers the Maros Watershed.

Sampling collection

Sampling was carried out using an electric shocker (12 V & 9 A). Electric shocker unit was operated in a zig-zag manner, against the current and operated for 200 m, for 30 minutes. The caught fish were preserved in a 10% formalin solution. The samples were labeled based on the location, station and collection dates. After 24 hours, the fish specimens were rinsed with running water and transferred into 70% alcohol containers and then were analyzed. The fish were measured for total length (TL) using a digital caliper of 0.01 mm accuracy and weighed using a digital scale of 0.001 g. The fish samples were dissected for sex identification and gonad maturity stages. Gender identification was performed by observing the reproductive organs of fish, such as the testes (male) and ovary (female). The

observation of gonad maturity stages was carried out morphologically according to Nur (2015).

Data Analysis

Length-weight relationship and condition factors were analyzed based on the sampling location, gender and sampling period. Length-weight relationship was estimated from the equation (Le Cren, 1951):

$$W = aL^b$$

Where: W = weight of fish (g), L = total length of fish (mm), a = Intercept, b = Slope.

The t-test ($p < 0.05$) whether the value of b were remarkably 3 or not. If the value of $b = 3$ means that the fish has an isometric growth

pattern, on the contrary if $b \neq 3$ means the growth pattern is allometric. To determine the differences in b value between gender and location, covariance analysis was performed using SPSS software Ver. 16.0.

Condition factor calculated using the equation (Le Cren 1951):

$$K = \frac{W}{W^*}$$

where: K = condition factor, W = weight of fish (g), W^* = calculated weight derived from length-weight relationship

Result

A total of 1850 individual fish ranging from 31.58-127.79 mm in length and 0.76-31.07 g in weight. The highest number of samples was obtained consisting of 891 individuals (513 males and 378 females) in Pattunuang River and the lowest was 423 (217 males and 206 females) in Bantimurung River. The statistical description of LRW of *L. micracanthus* for all sampling stations in this study is presented in Table 2.

The results of the t -test on the value of b , obtained the value of t count $>$ t table, so that the pirik fish in Pattunuang River, Bantimurung River, and Pucak River belong to the negative allometric growth pattern ($b < 3$). The results of covariance analysis showed no significant differences ($P < 0.05$) for b value between male and female fish in Pattunuang River, Bantimurung River, and Pucak River with values of 0.172, 0.122 and 0.098 respectively.

The value of the condition factor based on the sampling time (Table 2) at all research locations varied. Overall, the highest average value of condition factors *L. micracanthus* was obtained at Bantimurung, Pattunuang, and Pucak stations. Based on sex at each sampling period, a higher condition factor was found in female fish than male ones. Furthermore, the condition factor value based on the gonad maturity stages can be seen in Figure 2.

Table 1 Statistical description of length-weight relationship *Lagusia micracanthus* in rivers in the Maros Watershed, April 2018 - May 2019

Location	Sex	n	Length (mm)	Weight (g)	a	b	r	Growth type
Pattunuang River	M	513	37.70-106.55	0.96-22.31	0.00001	2.5167	0.94	NA
	F	378	39.85-121.07	1.01-31.07	0.00005	2.7533	0.96	NA
	C	891	37.70-121.07	0.96-31.07	0.00009	2.6241	0.95	NA
Bantimurung River	M	217	31.58-127.79	0.76-26.13	0.00010	2.5190	0.96	NA
	F	206	35.19-119.40	1.32-25.33	0.00010	2.5225	0.93	NA
	C	423	31.58-127.79	0.76-26.13	0.00010	2.5237	0.94	NA
Pucak River	M	263	37.59-95.80	1.45-12.67	0.00009	2.0530	0.90	NA
	F	273	46.90-111.40	1.65-21.81	0.00008	2.6281	0.92	NA
	C	536	37.59-111.40	1.09-21.81	0.00010	2.4953	0.92	NA

Descriptions: n : total individual, M : male, F : female, C : combination a : intercept, b : slope, r : correlation coefficient, NA : *Negative allometric*

Table 2 Condition factor of *Lagusia micracanthus* in the Maros Watershed from April 2018 - May 2019

Period	Pattunuang River				Bantimurung River				Pucak River		
	n	M	F	C	n	M	F	C	n	M	F
May-18	64	0.94	0.96	0.95	31	1.01	1.04	1.03	26	1.00	1.03
Jun	104	1.11	1.12	1.13	28	0.87	0.95	0.89	52	0.56	0.67
Jul	67	1.09	1.10	1.11	44	1.40	1.47	1.45	45	0.74	0.84
Aug	48	1.09	1.13	1.21	42	0.92	0.99	0.93	72	1.00	1.02
Sep	84	1.18	1.19	1.18	44	1.82	1.98	1.95	55	0.89	0.92
Oct	101	1.40	1.42	1.43	28	1.06	1.19	1.16	39	1.23	1.22
Nov	67	0.86	0.87	0.86	49	0.62	0.76	0.65	47	0.95	1.12
Dec	86	1.03	1.05	1.04	25	0.89	0.92	0.91	48	0.99	1.05
Jan-19	78	0.99	1.09	1.00	16	1.00	1.07	1.06	43	0.91	1.01
Feb	60	1.09	1.10	1.09	29	1.01	1.05	1.03	34	0.10	1.10
Mar	69	0.98	0.99	0.93	39	1.09	1.00	1.11	44	1.03	1.13
Apr	63	0.98	1.01	1.00	47	0.90	0.92	0.89	23	1.00	1.04
Total	891	1.06	1.12	1.01	423	1.34	1.36	1.31	536	1.04	1.08

Descriptions: n : total individual, M : male, F : female, C : combination

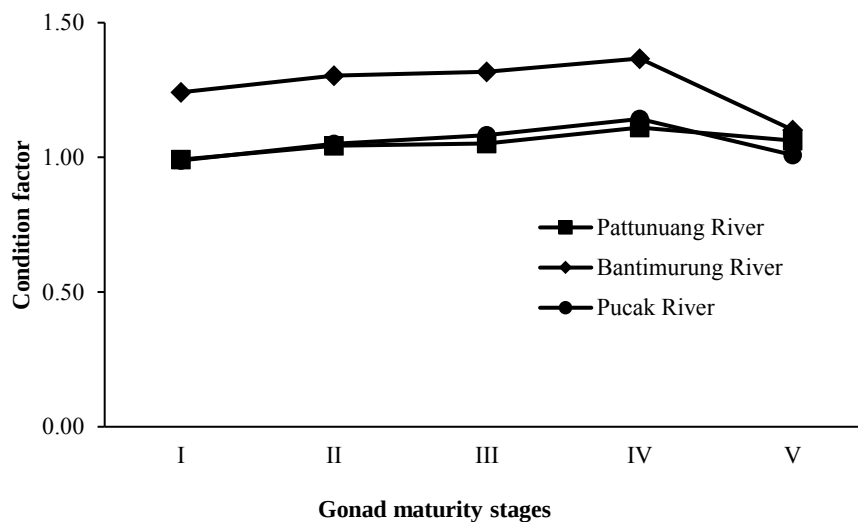


Figure 2 Condition factor of *Lagusia micracanthus* based on the gonad maturity stages in the Maros Watershed.

Discussion

Length-weight relationship of pirik fish showed that *b* values were different among the pirik population in three rivers of the Maros Watershed. The different was caused by the habitat variability conditions between Pattunuang River, Bantimurung River, and Pucak River. According to Zubia *et al.* (2014) the value of *b* can vary between different populations, even of the same species. The diversity of exponential

values (*b*) can be caused by various factors, namely differences in age, gonad development, sex, season, season, habitat type, health, food availability, and gastric fullness (Bagenal and Tesch 1978; Wootton 1992; Froese 2006; Milosevic & Talevski 2006; Zaher *et al.* 2015).

In the present study, length-weight relationship of *Lagusia micracanthus* was negative allometric. The negative allometric growth pattern was also obtained by *L. micracanthus* in

the Sanrego River (Nur 2015). Different pattern of growth were actually found in the same location, namely Pattunuang River, however, at a different time, the *L. micracanthus* in the river had isometric growth (Nur 2015). The difference in growth types at different times could be caused by differences in environmental conditions and biology of *L. micracanthus* at that time. Some researchers suggest that fish growth pattern in each habitat may different because of environmental and biological factors, such as temperature, food (quantity, quality and size), gonad development and sex (Froese 2006; Hossain *et al.* 2012; Kimmerer *et al.* 2005; Moeslen & Daka 2017), anthropogenic factors namely over exploitation (Famoofo & Abdul 2020) and pollution (Azmat *et al.* 2007).

The value of the condition factor in each month at all study locations, during one year was fluctuated. The condition factor in female fish was higher than male ones. Variation in fish conditions in each habitat maybe caused by several factors such as gender, age, gonad maturity stages (Gupta & Tripathi 2017) water quality parameters and food availability (Fagbuaro *et al.* 2019). differences in season (Sarkar *et al.* 2013; Parida *et al.* 2013), and hydrological cycles (Tribuzy-Netoa *et al.* 2018).

The value of the condition factor at all sampling locations, at the beginning of the spawning season (July), increased until it reached the peak of spawning season (September to October) then decreased in November or after the spawning period (Nur 2020). This phenomenon was related to the development of gonads during spawning time (Lizama & Ambrósio 2002), where energy was mostly used for reproduction so that the condition factor increased at the peak of spawning and decreased thereafter. According

to Rahardjo and Simanjuntak (2008), this could happen because the largest part of the food consumed was used for the development of reproductive cells, the process of reproductive cell formation reached its peak at stage IV or in other words the largest gonad size had been achieved, thereby increasing body weight. as a whole, then the condition factor value decreases after the fish have finished spawning or in the stage V.

Conclusion

The growth pattern of *L. micracanthus* in the Maros Watershed was negative allometric. The condition factor increased towards the peak of the spawning season and decreased after the spawning period.

Acknowledgement

A special thank goes to Syainullah Wahana, Syamsul, Firmansyah Bin Abd Jabbar, Adiaru Firdhita AN, who kindly assisted the authors during the data collection in the field and laboratory. This research was funded by the Ministry of Education and Culture, the Republic of Indonesia, through the Domestic Postgraduate Scholarship (BPPDN) 2017.

References

- Azmat R, Rukhsana, Talat, Khalid, Ahmed. 2007. The length-weight relationship, condition factor and impact of fluoride concentration in *Johnius belangerii* of Arabian Sea. *Research Journal of Environmental Toxicology*. 1(3): 138-143.
- Bagenal TB, Tesch FW. 1978. *Age and Growth in Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters, 3rd Edition*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 300p.
- Bobori DC, Dimtrius KM, Bekri M, Salvarin L, Munoz AIP. 2010. Length-weight relationships of freshwater fish species caught in

- three Greek lakes. *Journal of Biological Research-Thessaloniki*. 14(1): 219-224.
- Fagbuaro O, Ola-Oladimeji FA, Ekundare OV, Akinyemi O. 2019. Length-weight relationship and condition factor of two species of tilapia and one species of mormyrops from a Tropical Dam in a Southwestern State, Nigeria. *Journal of Zoological Research*. 3(1): 1-5.
- Famoofo OO, Abdul WO. 2020. Biometry, condition factors and length-weight relationships of sixteen fish species in Iwopin freshwater ecotype of Lekki Lagoon, Ogun State, Southwest Nigeria. *Heliyon*. 6(1): 1-6.
- Faradonbeh, Zamani M, Eagderi S, Ghoghghi F. 2015. Length-weight relationship and condition factor of seven fish species of Totkabon River (Southern Caspian Sea basin), Guilan, Iran. *International Journal of Aquatic Biology*. 3(3): 172-176.
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*. 22(4): 241-253.
- Gupta D, Tripathi M. 2017. Length-weight relationships and condition factors of five cyprinidae species (Subfamily-Barbinae) from three diverse rivers of Uttar Pradesh, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 5(2): 594-598.
- Hadiaty RK. 2018. Status taksonomi iktio-fauna endemik perairan tawar Sulawesi. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 18(2): 175-190.
- Hossain Y, Rahman, Fulanda MASJ, Ahamed F, Ohtomi J. 2012. Length-weight and length-length relationships of five threatened fish species from the Jamuna (Brahmaputra River tributary) River, northern Bangladesh. *Journal of Applied Ichthyology*. 28(2): 275-277.
- Jisr N, Younes G, Sukhn C, El-Dakdouki MH. 2018. Length-weight relationships and relative condition factor of fish inhabiting the marine area of the Eastern Mediterranean City, Tripoli-Lebanon. *Egyptian Journal of Aquatic Research*. 44(4): 299-305.
- Kimmerer W, Avent SR, Bollens SM, Feyrer F, Grimaldo LF, Moyle PB, Nobriga M, Visintainer T. 2005. Variability in length-weight relationships used to estimate biomass of estuarine fish from Survey Data. *Transactions of the American Fisheries Society*. 134(2): 481-495.
- Kottelat M, Whitten AJ, Kartikasari SN, Wirjo-atmodjo S. 1993. *Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi*. Peri-plus Editions-Proyek EMDI. Jakarta. 377p.
- Le Cren ED. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluvi-atilis*). *Journal of Animal Ecology*. 20(1): 201-219.
- Lizama M, De Los AP, Ambrósio AM. 2002. Condition factor in nine species of fish of the characidae family in The Upper Paraná River Floodplain, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 62(1): 113-124.
- Miesen FW, Droppelmann F, Hüllen S, Hadiaty RK, Herder F. 2016. An annotated checklist of the inland fishes of Sulawesi. *Bonn Zoological Bulletin*. 64(2): 77-106.
- Milosevic D, Talevski T. 2016. Length-weight relationship of 11 fish species from three natural and two artificial lakes in the Former Yugoslav Republic of Macedonia (FYROM). *Acta Zoologica Bulgarica*. 68(3): 391-394.
- Moeslen M, Daka RK. 2017. Length-weight relationship and condition factor of *Periophthalmu papilio* (Bloch & Schneider, 1801) obtained from a tidal creek in the Bonny Estuary, Nigeria. *Journal of Aquaculture and Fisheries Management*, 1(1): 1-4.
- Nur M, Dahlan MA. 2015. Hubungan panjang bobot dan faktor kondisi ikan endemik pirik (*Lagusia micracanthus*, Bleeker 1860) di Sungai Sanrego, Sulawesi Selatan. *Torani*. 25(3): 164-168.
- Nur M. 2015. Biologi reproduksi ikan endemik pirik (*Lagusia micracanthus* Bleeker, 1860) di Sulawesi Selatan. Tesis. Makassar. Universitas Hasanuddin.
- Nur M. 2020. Konservasi ikan endemik pirik (*Lagusia micracanthus* Bleeker, 1860) berbasis ekobiologi di perairan Sungai, Sulawesi Selatan. *Disertasi*. Bogor. Institut Pertanian Bogor.

- Parenti LR. 2011. Endemism and conservation of the native freshwater fish fauna of Sulawesi, Indonesia. As cited in: Simanjuntak CPH, Zahid A, Rahardjo MF, Hadiaty KH, Krismono, Haryono, Tjakrawidjaja AH. Prosiding Seminar Nasional Ikan VI & Kongres Masyarakat Iktiologi Indonesia III. 8-9 Juni 2010. Cibinong, Indonesia. Cibinong (ID): Masyarakat Iktiologi Indonesia. Hlm. 1-10.
- Parida S, Karna SK, Pradhan SK, Bhatta KS, Guru BC. 2013. Length weight relationship and condition factor of *Liza macrolepis* (Smith, 1946) in Chilika Lagoon, Odisha, India. *Journal of Global Biosciences*. 2(5): 116-120.
- Rahardjo MF, Simanjuntak CPH. 2008. Hubungan panjang bobot dan faktor kondisi ikan tetet, *Johnius belangerii* Cuvier (Pisces: Sciaenidae) Di Perairan Pantai Mayangan, Jawa Barat. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. 15(2): 135-140.
- Sarkar UK, Khan GE, Dabas A. 2013. Length-weight relationship and condition factor of selected freshwater fish species found in River Ganga, Gomti and Rapti, India. *Journal of Environmental Biology*. 34(5): 951-956.
- Shekelle M, Leksono SM. 2004. Strategi konservasi di pulau Sulawesi dengan menggunakan tarsi sebagai flagship spesies. *Biota*. 9(1): 1-10.
- Stelbrink B, Albrecht C, Hall R, Rintelen TV. 2012. The biogeography of sulawesi revisited: is there evidence for a vicariant origin of taxa on wallace's "anomalous island". *Evolution*. 66(7): 2252-2271.
- Oliveira MSB, Silva LMA, Prestes L, Tavares-Dias M. 2020. Length-weight relationship and condition factor for twelve fish species from the Igarapé Fortaleza basin, a small tributary of the Amazonas River estuary. *Acta Amazonica*. 50(1): 8-11. DOI:10.1590/1809-4392201900702.
- Tribuzy-Netoa IA, Conceição KG, Siqueira-Souza FK, Hurd LE, Freitas CEC. 2018. Condition factor variations over time and trophic position among four species of Characidae from Amazonian floodplain lakes: effects of an anomalous drought. *Brazilian Journal of Biology*. 78(2): 337-344.
- Vari RP, Hadiaty RK. 2012. The endemic Sulawesi fish genus *Lagusia* (Teleostei: Therapontidae). *The Raffles Bulletin of Zoology*. 60(1): 157-162.
- Whitten AJ, Bishop KD, Nash SV, Clayton L. 1987. One or more extinctions from Sulawesi Indonesia. *Conservation Biology*. 1(1): 42-48.
- Wootton RS. 1992. *Fish ecology*. Printed in Great Britain by Thomson Litho Ltd., Scotland. 203 p.
- Zaher FM, Rahman BMS, Rahman A, Alam MA, Pramanik MH. 2015. Length-weight relationship and GSI of hilsa, *Tenualosa ilisha* (Hamilton, 1822) fishes in Meghna River, Bangladesh. *International Journal of Natural and Social Sciences*. 2(3): 82-88.
- Zubia M, Rehana Y, Muhammad SH, Omer MT. 2014. Length-weight relationship, condition and relative condition factor of four mugilid species (Family Mugilidae) from the Karachi Coast of Pakistan. *Journal of Coastal Development*. 17(1): 1-5.

Pertumbuhan dan sintasan yuwana ikan patin, *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) yang dipelihara pada berbagai sistem resirkulasi

[Growth performance and survival rate of catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) juvenile which is reared in recirculation system]

Yuke Eliyani, Iin Siti Djunaidah, Sujono

Politeknik Ahli Usaha Perikanan

Surel: yukeeliyani@yahoo.co.id; iin.djunaidah@gmail.com; sujono.patin@gmail.com

Diterima: 11 Juni 2020; Disetujui: 29 September 2020

Abstrak

Resirkulasi merupakan salah satu sistem budi daya yang telah dicobakan pada berbagai komoditas, namun bagai-mana efektifitasnya terhadap pertumbuhan dan sintasan yuwana ikan patin belum dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh efektifitas sistem resirkulasi terhadap kinerja pertumbuhan dan sintasan yuwana patin (*Pangasianodon hypophthalmus*). Penelitian dilaksanakan dari tanggal 11 Oktober sampai 30 November 2019 di panti pembenihan Program Studi Penyuluhan Perikanan, Politeknik Ahli Usaha Perikanan. Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan 3 perlakuan yaitu Kontrol (K: Bioball 100% + Bakteri *Bacillus* sp), Perlakuan 1 (P1: Bioball 50% + zeolit 25%+resin 25% + Bakteri *Bacillus* sp) dan Perlakuan 2 (P2: Bioball 25% + zeolit 50%+ resin 25% + Bakteri *Bacillus* sp). Ikan yang digunakan adalah yuwana patin berukuran $0,08 \pm 0,02$ g ekor⁻¹. Ikan dipelihara pada bak beton berukuran 100 cm x 150 cm x 70 cm dengan volume air 750 liter/bak. Padat tebar ikan adalah 5 ekor liter⁻¹. Pakan yang digunakan adalah pakan komersial, dosis 3% biomassa dan frekuensi 3 kali hari⁻¹. Pengamatan pertumbuhan sampel ikan dan pengambilan sampel air untuk kelimpahan bakteri pengurai nitrogen serta kualitas air dilakukan setiap 15 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan bobot yuwana ikan patin tertinggi berada pada P1 ($0,447 \pm 0,142^b$) dibandingkan dengan K ($0,377 \pm 0,047^a$) dan P2 ($0,363 \pm 0,057^a$). Nilai sintasan pada perlakuan K, P1 dan P2 berturut-turut $51 \pm 8\%$, $54 \pm 4\%$ dan $52 \pm 8\%$. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata dari nilai sintasan pada semua perlakuan.

Kata penting: *Pangasianodon hypophthalmus*, pertumbuhan, resirkulasi, sintasan, yuwana

Abstract

Although recirculation is a cultivation system that has been tried in various commodities, but the effectiveness of this system to the growth and survival of catfish juvenile has not been done. This study aims to determine the effectiveness of recirculation system on growth performance and survival rate of catfish juvenile (*Pangasianodon hypophthalmus*). The research was conducted from 11 October to 30 November 2019 at hatchery unit Department of Fisheries Extension, Jakarta Technical University of Fisheries. This study used experimental method with 3 treatments, namely Control (K: 100% Bioball + *Bacillus* sp.), Treatment 1 (P1: 50% Bioball + 25% zeolite + 25% resin + *Bacillus* sp.) and Treatment 2 (P2: Bioball 25 % + zeolit 50% + resin 25% + Bacteria *Bacillus* sp.). The catfish used in this study was measured 0.08 ± 0.02 g. Ind.⁻¹. The fish were kept in a concrete tub of 100 cm x 150 cm x 70 cm with water volume of 750 liters tub⁻¹. Stocking density of fish was 5 fish liters⁻¹. Fish juveniles were fed with commercial feed with a dose of 3% of fish biomass with frequency of 3 times a day⁻¹. Observation fish growth and water sampling for monitoring of the abundance of nitrogen-decomposing bacteria and water quality were carried out every 15 days. The results showed that the highest growth weight of catfish seedlings was found in treatment P1 (0.447 ± 0.142^b) compared with K (0.377 ± 0.047^a) and P2 (0.363 ± 0.057^a) treatment. The values of survival rate for K, P1 and P2 treatments were 51 ± 8 , 54 ± 4 and 52 ± 8 , respectively. This result implies that no significant difference in the survival rates in all treatments.

Keywords: *Pangasianodon hypophthalmus*, growth, juvenile, recirculation, survival

Pendahuluan

Ikan patin (*Pangasianodon hypophthalmus*) menjadi salah satu komoditas andalan dalam peningkatan produksi perikanan di Indonesia. Larangan masuknya patin impor (Anonimus 2018) ke wilayah Indonesia merupakan peluang

berkembangnya industri patin dalam negeri. Perkembangan ini tentunya harus diantisipasi dengan peningkatan produktivitas dalam usaha pembenihan atau pendederan. Salah satu yang dapat dilakukan adalah melalui pengendalian

kualitas air media pemeliharaan dengan menerapkan sistem resirkulasi.

Zidni *et al.* (2017) menyatakan bahwa sistem resirkulasi merupakan sistem yang memberikan efek paling baik terhadap kualitas media pemeliharaan ikan patin dibandingkan dengan sistem bioflok dan konvensional. Diduga hal ini terkait dengan kemampuan sistem ini dalam mengurangi akumulasi bahan nitrogen seperti amoniak (NH_3) di media pemeliharaan ikan.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk meminimalkan nilai kandungan NH_3 dalam sistem resirkulasi, diantaranya menggunakan biofilter serta bakteri pengurai nitrogen dari golongan *Nitrosomonas* sp., *Nitrobacter* sp., dan *Bacillus* sp. Bahan penyusun biofilter yang dapat digunakan diantaranya adalah bioball (Permatasari *et al.* 2018), yang memiliki manfaat selain sebagai filter atau penyaring juga sebagai media penempelan bakteri sehingga akan terbentuk lapisan biofilm.

Bioball akan semakin bertambah nilai manfaatnya dengan adanya tambahan bahan lain berupa zeolit sebagai bahan penyerap NH_3 serta resin sebagai bahan pengontrol nilai kesadahan. Secara tidak langsung nilai kesadahan ini akan memengaruhi fluktuasi nilai pH air. Kesemuanya ini merupakan biofilter yang komposisi bahan penyusunnya akan memengaruhi tingkat efektifitas filter tersebut.

Permasalahan pada penelitian ini adalah persentase komposisi yang tepat antara bioball, zeolit serta resin dalam memperbaiki nilai kualitas air pada media pemeliharaan. Kebaharuan dalam penelitian ini adalah komposisi bahan filter yang digunakan. Hal ini diharapkan dapat memberikan kontribusi informasi serta teknis pada budidaya patin dengan menggunakan sistem resirkulasi

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa perbandingan volume antara bahan satu dengan yang lainnya perlu diperhatikan (Norjanna *et al.* 2015) terutama apabila berhubungan dengan luasnya tempat penempelan bakteri serta adanya media yang dapat menyerap beban bahan berupa gas semisal NH_3 . Alfia *et al.* (2013) menyatakan bahwa bioball bekerja secara efektif sehingga filter dapat menurunkan nilai konsentrasi amoniak sampai batas kejenuhan tertentu.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh sistem resirkulasi dengan komposisi bahan filter yang berbeda terhadap pertumbuhan dan sintasan yuwana ikan patin.

Bahan dan metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 51 hari, mulai tanggal 11 Oktober sampai dengan 30 November 2019 di panti pembenihan Program Studi Penyuluhan Perikanan, Politeknik Ahli Usaha Perikanan. Analisis kelimpahan bakteri dilaksanakan di Laboratorium Kesehatan Ikan Departemen Budidaya Perairan dan Laboratorium Institut Pertanian Bogor Culture Collection, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB. Analisis parameter kualitas air dilaksanakan di Laboratorium Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Sempur Bogor.

Alat dan bahan penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sembilan unit bak beton ukuran $100 \times 150 \times 70 \text{ cm}^3$ yang masing-masing diisi air dengan volume 750 liter. Bak tersebut dilengkapi dengan unit bak filter serta peralatan sampling. Bahan yang digunakan adalah ikan patin dengan bobot

0,08±0,02 g dan panjang 2,2±0,1 cm, bioball, zeolite, resin, biakan bakteri pengurai nitrogen, pellet komersial dengan kandungan nutrisi protein 41%, lemak 7%, serat 3%, abu 13%, kadar air 10%, bahan analisis kualitas air, dan bahan analisis bakteri.

Metode

Satuan percobaan terdiri atas dua perlakuan dan satu kontrol. Masing-masing perlakuan dilaksanakan dengan tiga ulangan. Perlakuan yang dicobakan adalah kombinasi penggunaan bioball, zeolit serta resin, dengan satuan penelitian sebagai berikut:

- Kontrol (K) = 100 % bioball + bakteri pengurai nitrogen
 Perlakuan 1 (P1) = 50 % bioball + 25 % zeolit + 25 % resin + bakteri pengurai nitrogen
 Perlakuan 2 (P2) = 25 % bioball + 50 % zeolit + 25 % resin + bakteri pengurai nitrogen

Bioball merupakan salah satu jenis biofilter berbahan sintesis dari plastik yang diproduksi secara komersial dengan diameter 3 cm. Permata-sari *et al* (2018) menyatakan bahwa bahan ini memiliki luas permukaan beragam, dan diharapkan mampu membentuk lapisan biota (biofilm). Zeolit adalah senyawa mineral aluminosilikat yang dikenal memiliki daya adsorpsi yang baik serta memiliki nilai kemampuan tukar kation sebesar 200-300 cmolc 100⁻¹ gram (Silaban *et al.* 2012). Resin adalah zat polymer alami maupun sintetik yang salah satu fungsinya adalah mengikat kation dan anion yang diantaranya dalam bentuk Ca²⁺ dan Mg²⁺ sehingga dapat menurunkan kadar kesadahan air media (Pentamwa *et al.* 2011).

Rancangan penelitian disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap dengan 2 perlakuan

dan 1 kontrol, yang diulang sebanyak tiga kali dengan model statistik sebagai berikut:

$$Y_{ij} : \mu_i + t_j + \epsilon_{ij},$$

Y_{ij} : Pengaruh aditif filter ke-i, ulangan ke-j

μ_i : Nilai tengah populasi

t_j : Pengaruh aditif filter ke-i

ϵ_{ij} : Galat penelitian filter ke-i ulangan ke-j

Prosedur penelitian

Prosedur pelaksanaan diawali dengan penyiapan sembilan unit resirkulasi yang dilengkapi pompa 200 watt unit⁻¹ untuk mengalirkan air ke bak uji. Setiap unit filter diisi dengan bahan sesuai dengan satuan penelitian. Tahap selanjutnya adalah proses adaptasi ikan uji selama 7 hari sebelum kegiatan penelitian dilaksanakan. Selama proses penelitian, ikan uji diberi pakan komersial dosis 3% biomassa dengan frekuensi 3 kali hari⁻¹ dan jumlah tebar ikan untuk setiap bak sebanyak 3750 ekor. Penambahan biakan bakteri pengurai nitrogen dilakukan di semua bak uji dengan interval setiap 3 hari dan volume bakteri sebanyak 50 ml bak⁻¹. Hal ini bertujuan untuk menumbuhkan dan membiakkan bakteri tersebut.

Pengumpulan dan analisis data

Parameter sintasan dan pertumbuhan dikumpulkan pada akhir penelitian. Pertumbuhan sendiri dihitung berdasarkan pertambahan bobot dan pertambahan panjang. Rumusan untuk masing-masing parameter sebagai berikut:

$$S = \left(\frac{N_t}{N_o} \right) \times 100$$

Keterangan: S = sintasan (%), N_o = jumlah ikan di awal penelitian, N_t = jumlah ikan di akhir penelitian.

$$Gw = W_t - W_o$$

Keterangan: Gw = pertambahan bobot (g), W_o = bobot awal (g), W_t = bobot akhir (g),

$$Gl = L_t - L_o$$

Keterangan: Gl = pertambahan panjang (cm), L_o = panjang awal (cm), L_t = panjang akhir (cm)

Kelimpahan bakteri

Pengambilan data kelimpahan bakteri dilakukan setiap 15 hari menggunakan metode *total plate count* (TPC). Terlebih dahulu cawan petri yang berisi media agar dibagi menjadi 4 kuadran. Setelah itu dilakukan pengenceran bakteri untuk selanjutnya ditumbuhkan dalam cawan petri yang sebelumnya telah disiapkan. Penum-buhan bakteri dilakukan selama 24 jam pada suhu 37°C. Jumlah koloni dalam cawan petri dihitung menggunakan *colony counter*. Kelimpahan bak-teri dihitung sebagai berikut:

$$C = C_p \times fP$$

Keterangan: C = kelimpahan bakteri (cfu ml⁻¹), C_p = kelimpahan bakteri dalam cawan (cfu ml⁻¹), fP = fak-tor pengenceran

Kualitas air

Pengukuran kualitas air dilakukan setiap 15 hari. Pengukuran suhu dilakukan mengguna-kan thermometer, oksigen terlarut menggunakan DO-meter, dan pH menggunakan pH-meter. Pengu-kuran kesadahan total menggunakan metode kompleksometri dengan larutan Eriochrome Black T (EBT) 0,2 % sebagai indikator dan larutan Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) 0,01 M sebagai titran. Karbondioksida bebas diu-kur menggunakan metode titrimetri dengan sodi-um karbonat sebagai titran dan penolphtalein (PP) sebagai indikator.

Pengukuran total amoniak nitrogen (TAN), nitrit, dan nitrat menggunakan alat *visible spec-*

trofotometer. TAN diukur menggunakan metode indofenol, yang absorbansinya diukur pada pan-jang gelombang 640 cm. Pengukuran nitrit meng-gunakan metode sulfanilamid dengan pengukur-an absobansinya pada panjang gelombang 543 nm. Nitrat diukur menggunakan metode brucine, dan absorbansinya diukur pada panjang 410 nm.

Analisis data

Analisis data pertumbuhan dan sintasan menggunakan uji sidik ragam (ANOVA). Apa-bila berbeda nyata maka akan dilakukan uji lanjutan. Data parameter kualitas air dan kelim-pahan bakteri dianalisis secara deskriptif dalam bentuk gambar dan grafik.

Hasil

Dari kegiatan penelitian diperoleh nilai per-tambahan bobot dan panjang, serta sintasan yuwana patin, yang datanya ditampilkan pada Tabel 1.

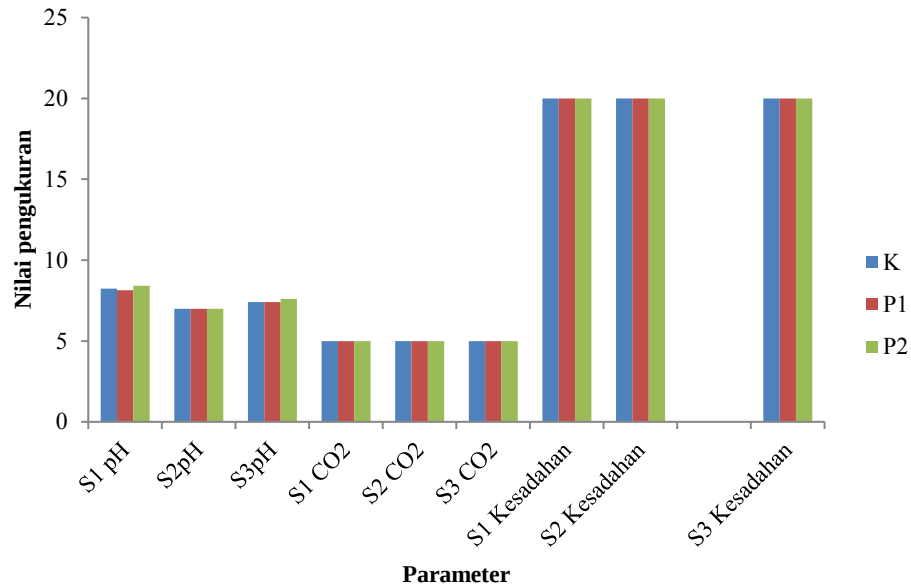
Hasil pengamatan kualitas air selama pe-nelitian yaitu suhu air 26,5-27,4°C; pH 7-8,42; CO₂ bebas 5 ppm; kesadahan total 20 ppm; TAN 0,147-0,553 ppm; nitrit 0,03-0,04 ppm; nitrat 5,6-11 ppm serta oksigen terlarut 3,52-4,75 ppm (Gambar 1 dan 2).

Kelimpahan bakteri pengurai nitrogen dalam penelitian ini difokuskan pada *Bacillus* sp. yang hasil pengukurannya ditampilkan pada Gambar 3.

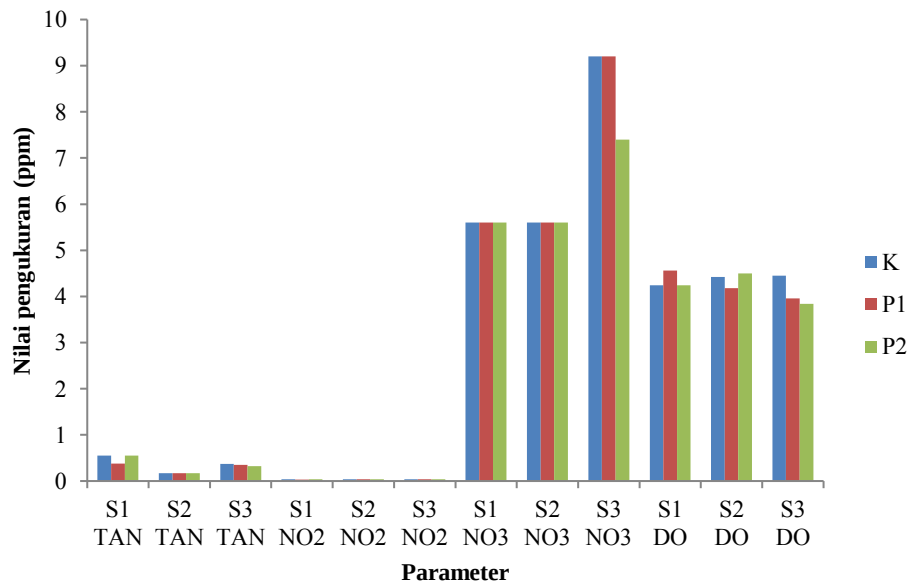
Tabel 1 Analisis keragaman pertambahan bobot, panjang dan sintasan yuwana pada akhir penelitian

Perlakuan	Pertambahan bobot (g)	Pertambahan panjang (cm)	Sintasan (%)
K	0,377±0,047 ^a	3,357±0,387	51+8
P1	0,447±0,142 ^b	3,527±0,442	54+4
P2	0,363±0,057 ^a	3,733±0,205	52+8

Keterangan: * huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata
** kolom tanpa huruf menunjukkan tidak ada perbedaan antarperlakuan



Gambar 1 Nilai pH, CO₂ bebas, dan kesadahan total media uji.
S1, S2 dan S3 = waktu pengambilan contoh

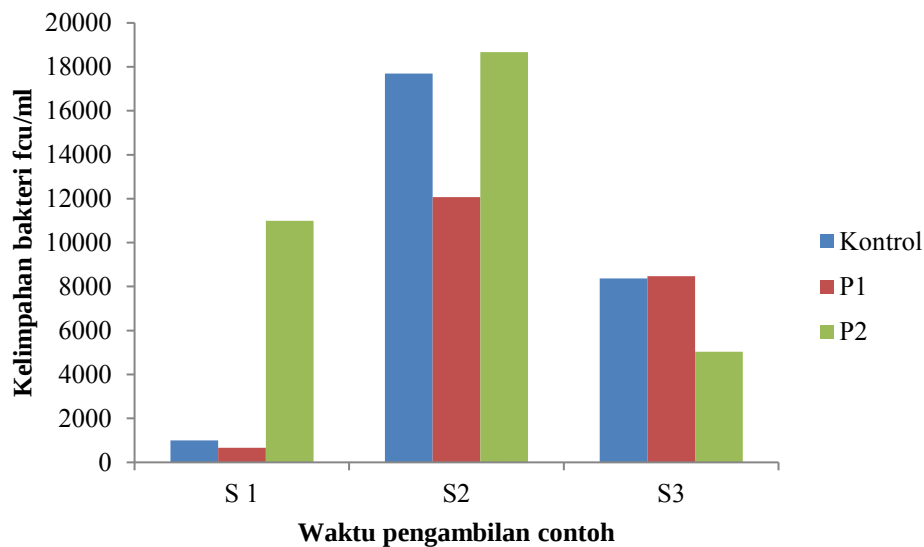


Gambar 2 Nilai TAN, NO₂, NO₃, dan DO Media Uji

Pembahasan

Pertambahan bobot tertinggi terjadi pada P1 sebesar 0,447 gram ekor⁻¹ dibandingkan dengan K sebesar 0,337 gram ekor⁻¹ dan P2 sebesar 0,363 gram ekor⁻¹ (Tabel 2). Hasil analisis kera-

gamannya menunjukkan perbedaan yang nyata antara P1 dibanding K dan P2, sedangkan antara K dan P2 tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.



Gambar 3 Kelimpahan bakteri *Bacillus* sp.

Berbeda dengan pertumbuhan bobot, pertumbuhan panjang tidak menunjukkan perbedaan yang nyata; yang secara berturut-turut untuk K, P1, dan P2 sebesar 3,357 cm ekor⁻¹; 3,527 cm ekor⁻¹, dan 3,733 cm ekor⁻¹. Demikian juga dengan sintasan, hasil sidik ragam tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Adapun nilainya berturut-turut untuk K, P1, dan P2 sebesar 51, 54, dan 52%. Kelimpahan bakteri pada akhir penelitian adalah 8366 cfu ml⁻¹ untuk K, 8466 cfu ml⁻¹ untuk P1 dan 5033 cfu ml⁻¹ untuk P2.

Pertumbuhan bobot yang lebih tinggi pada P1 diduga ada kaitannya dengan optimalnya perbandingan antara bioball dengan zeolit yang digunakan. Dilihat fungsinya bioball merupakan tempat tumbuh bakteri pengurai nitrogen (Permatasari *et al.* 2018) sedangkan zeolit berfungsi menyerap sebagian nitrogen sehingga kerja dari bakteri pengurai tidak terlalu keras dan tidak terlalu menekan populasi bakteri ini. Hal ini dapat dilihat dari kelimpahan bakteri ini pada P1 lebih tinggi daripada perlakuan P2 dan kontrol, padahal pada awalnya kelimpahan bakteri pada

P1 paling rendah. Hasil ini semakin menguatkan apa yang dinyatakan oleh Motesharezadeh *et al.* (2015) bahwa karena kemampuannya menyerap TAN, zeolite memiliki peran besar dalam peningkatan kelimpahan dan perkembangan mikroorganisme di perairan.

Dugaan ini juga didukung oleh nilai TAN (total amoniak nitrogen) pada P1 dimana pada S1 atau 15 hari pertama penelitian, nilainya sebesar 0,379 ppm, yang sangat jauh lebih rendah daripada K (0,553 ppm) dan P2 (0,553 ppm). Nilai TAN pada sampling selanjutnya menunjukkan nilai yang relatif sama. Hal ini diduga adanya proses perubahan bentuk amoniak menjadi nitrit dan nitrat, serta adanya kejenuhan dari zeolit dalam menyerap bentuk nitrogen yang ada di perairan. Dugaan ini diperkuat hasil penelitian Montalvo *et al.* (2013) yang menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah bakteri nitrifikasi akan semakin mempercepat proses perubahan amoniak menjadi nitrogen dan selanjutnya nitrit,

Interaksi yang optimal pun terlihat pada nilai nitrit dan nitrat. Pada sampling pertama (S1) nilai nitrit pada P1 sebesar 0,3 ppm dibanding K dan

P2 yang sebesar 0,4 ppm. Namun demikian nilai nitrit pada S2 dan S3 baik pada K, P1 dan P2 memiliki nilai yang sama, yakni 0,4 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas bakteri perombak nitrogen pada bioball di P1 mengalami peningkatan sehingga menyamai nilai pada K dan P2. Peningkatan ini terjadi karena jumlah bioball yang lebih banyak pada P1 di mana material ini merupakan substrat tumbuhnya bakteri (Suantika *et al.* 2016)

Aktivitas ini pun terlihat pada banyaknya nitrat yang terbentuk pada akhir penelitian. Pada umumnya perombakan nitrogen dimulai dari amoniak menjadi nitrit selanjutnya menjadi nitrat (Costa *et al.* 2006). Data nitrat menunjukkan bahwa nilai terendah terjadi pada P2 dan walaupun jumlah bioball pada P1 setengah dari K, namun jumlah nitrat yang dihasilkan sama, yakni sebesar 9,5 ppm. Hal ini menunjukkan bakteri yang ada pada bioball pada P1 bekerja sangat optimal.

Ditinjau dari nilai total kandungan oksigen, ternyata kandungan total oksigen pada P1 sebesar 3,96 ppm, berada diantara K sebesar 4,45 ppm dan P2 sebesar 3,84 ppm. Walaupun menurut Yildiz *et al.* (2017), nilai oksigen terlarut yang disarankan untuk ikan air tawar adalah di atas 4 ppm namun nilai yang terukur selama penelitian ini mendekati nilai tersebut sehingga masih dapat ditoleransi oleh ikan. Nilai kritis kandungan total oksigen terlarut bagi jenis catfish adalah dibawah 3 ppm (Boyd *et al.* 2018).

Dari pembahasan di atas dapat dimengerti mengapa pertumbuhan bobot P1 lebih baik daripada K dan P2, yaitu: Pertama bakteri yang ada dapat saja menjadi nutrisi tambahan bagi yuwana untuk tumbuh karena posisi bakteri ini dapat sebagai *single cell protein* bagi benih (Garibay *et al.* 2014). Kedua, keberadaan bakteri ini meningkatkan aktivitas perubahan TAN menjadi

bentuk nitrat sehingga daya racun amoniak dan nitrit yang menekan pertumbuhan dapat dikurangi. Menurut Kathia *et al.* (2017), bakteri dari genera *Bacillus*, *Alteromonas*, *Micrococcus*, *Rhodococcus*, dan *Pseudomonas* serta beberapa jenis ragi memiliki kapasitas sebagai perombak nitrogen di perairan. Oleh karena dalam penelitian ini bakteri tersebut didominasi oleh *Bacillus* sp. maka dapat dipahami mengapa perombakan terjadi secara cepat.

Krishna *et al.* (2018) menyatakan bahwa nitrogen di media pemeliharaan ikan dalam bentuk TAN, nitrit, dan nitrat merupakan hal yang harus dicermati. Namun demikian secara keseluruhan nilai TAN, nitrit, dan nitrat pada penelitian ini relatif masih berada pada kisaran yang dapat ditoleransi oleh ikan. Terutama pada nitrit yang nilainya belum akan memicu terbentuknya methemoglobin (MetHB) karena masih jauh dari nilai 1,38 ppm (Yildiz *et al.* 2006). Demikian juga nilai nitrat, masih berada di bawah konsentrasi yang membahayakan kesehatan, yakni di bawah 300 ppm (Masser *et al.* 1999 in Yildiz *et al.* 2017).

Rendahnya oksigen selama penelitian dikarenakan penambahan secara langsung bakteri *Bacillus* sp. ke dalam media pemeliharaan ikan. Hal ini akan menimbulkan peningkatan modulasi profil mikrobiologi, degradasi residu yang tidak diinginkan seperti amoniak, nitrit, mineralisasi bahan organik dan penurunan kondisi anaerobik di dasar kolam yang biasanya cenderung mengalami kekurangan nilai oksigen terlarut (Kathia *et al.* 2017).

Argumentasi ketiga mengapa pertumbuhan bobot P1 yang lebih cepat disebabkan keberadaan bakteri *Bacillus* sp. yang akan menekan pertumbuhan bakteri patogen pada ikan (Dahiya *et al.* 2012) dimana bakteri *Micrococcus* sp.

sebagai salah satu jenis bakterinya (El-Wazzan *et al.* 2020). Dengan tertekannya pertumbuhan bakteri patogenik ini maka akan lebih banyak energi yang dapat disimpan untuk pertumbuhan. Penekanan bakteri patogenik ini kemungkinan belum begitu besar sehingga belum sampai memengaruhi sintasan antar perlakuan.

Hal lain adalah suhu air ketiga perlakuan berada pada kisaran 26,6-27,4 °C merupakan nilai yang dapat ditoleransi oleh ikan (Adeyemo *et al.* 2003 in Ogunji & Jude 2017). Hasil penelitian Nasir & Khalil (2016) juga menunjukkan bahwa sistem resirkulasi yang menggunakan beberapa jenis filter yang diantaranya zeolit memiliki kisaran suhu antara 27,1-28,5°C.

Sebagaimana suhu, nilai pH berada pada kisaran yang masih dapat ditoleransi oleh ikan. Data kisaran pH selama penelitian berada di antara 7-8,4 yang menurut Timmons *et al.* (2002) toleransi ikan terhadap pH, juga dipengaruhi oleh jenis serta ukuran ikan namun nilai yang direkomendasikan antara 6,5–8,5.

Nilai karbondioksida bebas tidak berbeda antarperlakuan, yakni sebesar 5 ppm. Nilai ini merupakan nilai yang masih dapat ditoleransi oleh ikan. Menurut Oktarin *et al.* (2018) in Al Idrus (2018), nilai CO₂ bebas dapat bersifat toksik bagi ikan, pada saat nilainya di atas ambang batas toleransi, yaitu lebih dari 15 ppm. Nilai karbondioksida bebas yang sama ini sesuai dengan apa yang dilaporkan Yildiz *et al.* (2017) bahwa sistem resirkulasi dapat menjaga kestabilan nilai oksigen terlarut sebagai penyeimbang kadar CO₂ bebas dalam perairan.

Nilai kesadahan pada semua media menunjukkan nilai yang stabil mulai dari awal sampai dengan akhir penelitian, yaitu sebesar 20 ppm. Luo *et al.* (2016) menyatakan bahwa nilai kesadahan untuk ikan sebaiknya dibawah 150 ppm.

Hal ini diduga terkait dengan penggunaan resin pada P1 dan P2, dimana ion natrium yang berada di resin bertukar dengan ion magnesium dan kalsium yang berada di dalam air, sehingga muatan resin pun bertukar menjadi Mg²⁺ dan Ca²⁺, dan muatan air menjadi Na⁺. Hasil dari proses ini adalah turunnya kesadahan air, sehingga dapat menjaga fluktuasi pH.

Proses pertukaran antara ion *natrium* dari resin dan ion *magnesium* serta kalsium dari air terjadi akibat adanya perbedaan potensial elektroda antara natrium dan ion-ion logam yang bertukar dengannya. Apabila air juga mengandung ion-ion logam berat semacam besi, tembaga, atau merkuri dan timbal, maka ion-ion tersebut juga bertukar dengan ion natrium yang berasal dari resin, di mana kecepatan pertukaran ini berlangsung dalam tempo yang jauh lebih cepat (Pentamwa *et al.* 2011).

Proses pertukaran ion dari resin akan berhenti jika muatan ion di resin sudah jenuh (Pentamwa *et al.* 2011). Untuk nilai kesadahan yang stabil di media kontrol, diduga karena filamen bakteri yang terbentuk di lapisan luar bioball berisi bakteri-bakteri yang dapat membantu keseimbangan kesadahan dalam air media.

Simpulan

Sistem resirkulasi yang dilengkapi dengan penggunaan 50% bioball, 25% zeolit, 25% resin dan bakteri pengurai nitrogen merupakan sistem yang paling baik untuk memperoleh pertumbuhan bobot tertinggi. Hasil ini dapat menjadi informasi penting untuk disampaikan dalam penyuluhan sistem resirkulasi kepada para pengguna resirkulasi. Selain itu informasi ini pun dapat menjadi dasar dalam penelitian lanjutan untuk menyempurnakan sistem resirkulasi yang telah ada.

Persantunan

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kepala Unit Praktek Lapang Komunikasi dan Penyuluhan Program Studi Penyuluhan Perikanan Politeknik Ahli Usaha Perikanan, yang telah memfasilitasi pendanaan penelitian. Staf Laboratorium Kesehatan Ikan BDP dan Laboratorium IPBCC FMIPA IPB untuk analisis ke-
limpahan bakteri, serta staf Laboratorium BRPBAT Sempur Bogor untuk analisis parameter kualitas air.

Daftar pustaka

- Al Idrus SW. 2018. Analisis kadar karbon dioksida di Sungai Ampenan Lombok. *Journal Pijar MIPA*, 13(2): 167-170.
- Alifia AR, Arini E, Elfitasari T. 2013. Pengaruh kepadatan yang berbeda terhadap kelulushidupan dan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada sistem resirkulasi dengan filter bioball. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 2(3): 86-93.
- Anonimous. 2018. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, Nomor 18/PERMEN-KP/2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 50/PERMEN –KP/2017 tentang Jenis Komoditas Wajib Periksa Karantina Ikan, Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan.
- Boyd CE, Torrans EL, Tucker CS. 2018. Dissolved oxygen and aeration in ictalurid catfish aquaculture. Review article. *Journal of the World Aquaculture Society*, 49(1): 7-70.
- Costa E, Perez J, Kreft JU. 2006. Why is metabolic labour divided in nitrification? *Trend Microbiology*, 14: 213-219.
- Dahiya T, Gahlawat SK, Sihag RC. 2012. Elimination of Pathogenic Bacterium (*Micrococcus* sp.) by the Use of Probiotics. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12(1): 185-187.
- El-Wazzan E, Ghareeb DA, Abdella B. 2020. Pre-induction of Hsp70 expression to protect the grooved carpet shell clam, *Ruditapes decussatus*, against *Micrococcus luteus*: A trained immunity strategy. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(1): 79-84.
- Garibay MG, Ruiz LG, Cruz A, Bárzana E. 2014. Single cell protein | Yeasts and Bacteria. *Encyclopedia of Food Micro-biology* (Second Edition), p. 431-438.
- Kathia CM, Monroy DMC, Hamdan PA, Castro MJ, Becerril CD. 2017. Probiotics used in Biofloc system for fish and crustacean culture: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(5): 120-125.
- Krishna, Vadher KH, Harika N, Ishakani AH, Sumara M, Ayaz K. 2018. Application of probiotics in aquaculture. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 6(5): 235-238.
- Luo S, Wu B, Xiong X, Wang J. 2016. Effects of Total Hardness and Calcium: Magnesium Ratio of Water during Early Stages of Rare Minnows (*Gobiocypris rarus*). *Comparative Medicine*. 66(3): 181–187.
- Montalvo S, Guerrero L, Borja R. 2013. Improvement in nitrification through the use of natural zeolite; influence of the biomass concentration and inoculum source. *International Journal of Enviromental Science and Technology*. 11(1): 43-52.
- Motesharezadeh B, Arasteh A, Pourbabae AA, Rafiee GR. 2015. The effect of zeolite and nitrifying bacteria on remediation of nitrogenous wastewater substances derived from carp breeding farm. *International Journal of Environmental Resources*, 9(2): 553-560.
- Nasir M, Khalil M. 2016. Pengaruh penggunaan beberapa jenis filter alami terhadap pertumbuhan, sintasan dan kualitas air dalam pemeliharaan ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Acta Aquatica: Aquatic Science Journal*, 3(1): 33-39.
- Norjanna F, Efendi E, Hasani Q. 2015. Reduksi amonia pada sistem resirkulasi dengan penggunaan filter yang berbeda. *e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 4(1): 427-432.
- Ogunji JO, Jude A. 2017. Effect of environmental regulated water temperature variations on survival, growth performance

- and haematology of African catfish, *Clarias gariepinus*. *Our Nature*, 15(1-2): 26-33.
- Pentamwa P, Thiphara W, Nuangon S. 2011. Removal of hardness from groundwater by synthetic resin from waste plastics. *International Journal of Environmental Science and Development*, 2(6): 479-483.
- Permatasari R, Rinanti A, Ratnaningsih R. 2018. Treating domestic effluent waste-water treatment by aerobic biofilter with bioballs medium. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 106: 012048.
- Silaban TF, Santoso L, Suparmono. 2012. Addition of zeolite decrease ammonia concentration in common carp (*Cyprinus carpio*). *e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 1(1):47-56.
- Suantika G, Pratiwi MI, Situmorang ML, Djohan YA, Muhammad H, Astuti DI. 2016. Ammonium removal by nitrifying bacteria biofilm on limestone and bioball substrate established in freshwater trickling biofilter. *Poultry, Fisheries & Wildlife Sciences*, 4(2): 1-6.
- Timmons MB, Ebeling JM, Wheaton FW, Summerfelt ST, Vinci BJ. 2002. *Recirculating Aquaculture Systems*, 2nd edition. Cayuga Aqua Ventures: New York USA.
- Yildiz HY, Köksal G, Borazan G, Benli ÇK. 2006. Nitrite-induced methemoglobinemia in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(5): 426–431.
- Yildiz HY, Robaina L, Pirhonen J, Mente E, Domínguez D, Parisi G. 2017. Fish welfare in aquaponic systems: its relation to water quality with an emphasis on feed and faeces—a review. *Water*, 9(1): 1-17.
- Zidni I, Yustiati A, Iskandar I, Andriani A. 2017. Pengaruh modifikasi sistem budi daya terhadap kualitas air dalam budi daya ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 7(2): 125-135.

Kualitas warna ikan Sumatra *Puntigrus tetrazona* (Bleeker, 1855) pada paparan spektrum cahaya yang berbeda

[The color quality of Sumatra barb *Puntigrus tetrazona* (Bleeker, 1855) in different light spectrum exposure]

Wijianto¹, Kukuh Nirmala², Yuni Puji Hastuti², Eddy Supriyono²

¹Program Studi Ilmu Akuakultur, Sekolah Pascasarjana IPB

²Departemen Budidaya Perairan. FPIK-IPB

Jl. Agatis, Kampus IPB, Dramaga, Bogor 16680

wijiantowijianto61@gmail.com, kukuhni25@gmail.com, yuni_ph2@yahoo.com, eddysupriyonoipb@gmail.com

Diterima: 27 Agustus 2020; Disetujui: 6 Oktober 2020

Abstrak

Ikan sumatra hasil budi daya petani belum mencapai kualitas warna yang cukup baik dibandingkan hasil tangkapan di alam. Salah satu penyebabnya adalah lingkungan pemeliharaan serta penangkaran ikan sumatra yang tidak sesuai. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas warna ikan sumatra *Puntigrus tetrazona* dengan paparan spektrum cahaya berbeda pada media pemeliharaan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas enam perlakuan dan tiga ulangan yaitu kontrol (K), cahaya ruang (R), spektrum cahaya merah (M), spektrum cahaya putih (P), spektrum cahaya biru (B), dan spektrum cahaya hijau (H). Metode yang digunakan untuk mengukur kualitas warna ikan sumatra yaitu perangkat lunak Photoshop CS 5 dan perhitungan sel kromatofora. Hasil analisis kualitas warna setelah 28 hari menggunakan perangkat lunak Photoshop CS5 menunjukkan perlakuan spektrum cahaya merah (M) memiliki kualitas warna terbaik dengan persentase sebesar $48,81 \pm 1,57\%$ untuk warna jingga dan $32,26 \pm 0,07\%$ untuk warna hitam. Jumlah sel kromatofora tertinggi yaitu pada perlakuan spektrum cahaya merah (M) yaitu sebesar $147,3 \pm 3,7$ sel mm^{-2} . Spektrum cahaya merah (M) menunjukkan respons fisiologis dan peningkatan kualitas warna yang terbaik. Kadar glukosa pada perlakuan spektrum cahaya merah (M) yaitu sebesar $23,00 \pm 1,00$ mg dL^{-1} . Kualitas warna ikan sumatra *Puntigrus tetrazona* terbaik dihasilkan oleh paparan spektrum cahaya merah (M).

Kata penting : fisiologi, ikan sumatra *Puntigrus tetrazona*, kualitas warna, spektrum cahaya

Abstract

The color quality of Sumatra barb that cultivated by the farmers are not as good as the fish that collected from the wild. One of the causes is the unsuitable environment for maintaining and breeding Sumatran barb. This research aims to compare color quality of Sumatra barb *Puntigrus tetrazona* by exposure the different light spectrums on maintenance media. The experiment was completely randomize design with six treatments and three replications consisted of K (control), R (room light), M (red light spectrum), H (green light spectrum), B (blue light spectrum) and P (white light spectrum). The method used to measure Sumatra barb color quality using Photoshop CS 5 software and chromatophore cell calculations. The results of color quality analysis after 28 showed that the (M) treatment had the highest percentage of color quality was $48.81 \pm 1.57\%$ for orange color and $32.26 \pm 0.07\%$ for black color. The highest number of chromatophore cells was in M treatment with 147 ± 3.7 cells mm^{-2} . The red light spectrum (M) treatment showed the best physiological response and improvement of color quality and the glucose level was 23.00 ± 1.00 mg dL^{-1} . The best color quality of the Sumatra barb is produced by exposure to the red light spectrum (M).

Keywords: color quality, light spectrum, physiology, Sumatra barb *Puntigrus tetrazona*

Pendahuluan

Ikan sumatra *Puntigrus tetrazona* merupakan salah satu ikan hias air tawar yang berasal dari Indonesia yang dapat ditemukan di perairan umum Pulau Sumatera. Habitat ikan sumatra yaitu di sungai-sungai yang dangkal dan berarus sedang. Selain ditemukan di sungai-sungai, ikan sumatra dapat ditemukan di perairan rawa dengan pH berkisar antara 6,0-8,0 dengan suhu

20-26°C (Axelrod 1998). Ikan sumatra termasuk ikan yang memiliki toleransi cukup tinggi terhadap perubahan kualitas fisika kimia perairan (Baensch & Riehl 1996). Ciri khas ikan sumatra yaitu empat pita hitam dan jingga pada tubuhnya yang mencolok. Harga jual ikan sumatra bergantung kepada jenis, warna, ukuran, serta bentuk tubuhnya (Nafsihi *et al.* 2016). Produksi

ikan sumatra yang terus meningkat harus diikuti dengan peningkatan kualitas warna ikan.

Peningkatan produksi ikan hias dari tahun 2015 hingga tahun 2016 sebesar 119.247 ekor (DJPB 2017). Sebanyak 95% total produksi ikan hias di Indonesia dialokasikan untuk mencukupi kebutuhan ekspor dan sebanyak 5% untuk mencukupi kebutuhan pasar ikan hias lokal (Wianggawati *et al.* 2014). Kenaikan kuantitas produksi ikan hias di Indonesia harus diimbangi dengan peningkatan kualitas ikan hias yang dihasilkan. Pada ikan hias sumatra, kendala yang dihadapi yaitu kualitas warna yang rendah sehingga harga jual rendah (Koncara *et al.* 2019). Budidaya ikan hias yang dilakukan di penangkaran dengan sistem intensif dan dalam waktu yang cukup lama menyebabkan warna pudar (Saxena 1994). Penelitian yang telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas warna ikan sumatra yaitu dengan memperkaya pakan buatan dengan tepung bayam merah (Koncara *et al.* 2019). Solusi lain yang dapat diterapkan yaitu melalui rekayasa lingkungan budidaya menggunakan spektrum cahaya. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan spektrum cahaya mampu merangsang penyebaran sel kromatofora pada tubuh ikan sehingga warna ikan akan cemerlang (Aras *et al.* 2016).

Cahaya merupakan bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik. Cahaya tampak memiliki spektrum panjang gelombang 380 nm untuk spektrum ungu-biru hingga 750 nm untuk spektrum cahaya merah pekat (Rahayu & Sakioto 2018). Sistem pencahayaan memiliki karakteristik antara lain spektrum (panjang gelombang), fotoperiode (lama penyinaran), dan intensitas. Karakteristik tersebut berpengaruh terhadap respon fisiologis, reproduksi, dan pertumbuhan ikan, baik secara langsung mau-

pun secara tidak langsung (Bouef & Le Bail 1999). Secara umum spektrum cahaya dapat dihasilkan dari berbagai macam sumber dan memberikan pengaruh terhadap respons fisiologis ikan. *Light Emmiting Diode* (LED) salah satu lampu yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas warna ikan sumatra karena memiliki beberapa keunggulan. LED memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan lampu jenis lainnya antara lain lebih efisien dan daya yang relatif kecil (Medkour *et al.* 2013).

Pemanfaatan rekayasa lingkungan budi daya menggunakan spektrum cahaya, intensitas, dan fotoperiode yang tepat dapat meningkatkan jumlah sel kromatofora secara tidak langsung sehingga warna menjadi lebih cemerlang (Tume *et al.* 2009). Kualitas warna tersebut disebabkan adanya sel warna pada kulit yang disebut sel kromatofora (Ahlihan *et al.* 2008). Sel kromatofora diklasifikasikan menjadi lima kategori yaitu xanthofora (kuning), eritrofora (jingga dan merah), iridofora (memantulkan refleksi cahaya), melanofora (hitam), dan leukofora (putih) (Rahardjo *et al.* 2011). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan kualitas warna ikan sumatra *Puntigrus tetrazona* dengan paparan spektrum cahaya berbeda pada media pemeliharaan terkontrol.

Bahan dan metode

Waktu dan tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga Februari 2020 di Laboratorium Lingkungan 3, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Pengukuran kualitas air dilakukan di Laboratorium Lingkungan 1. Analisis kadar glukosa darah dilakukan di Laboratorium Sistem dan Teknologi Akuakultur

dan analisis jumlah sel kromatofora dilakukan di Laboratorium Kesehatan Ikan Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuarium, kamera *Digital Single Lens Reflex* (DSLR) 24 *Megapixel* (MP), selang aerasi, trafo, *poly bag*, mikroskop, kaca preparat, seser, batu aerasi, pipa Polivinil Klorida (PVC), aerator, ember, gayung, lampu LED, kabel, spidol, benang, kertas label, lux meter, rak tabung reaksi, tabung reaksi, pipet, spektrofotometri, dan *styrofoam*. Bahan yang digunakan yaitu ikan sumatra berukuran 2-3 cm, *Buffered Neutral Formalin* (BNF), eosin, hematoksin, alkohol, xylol, sulfanilamide, N-1-naphthyl-ethylene-diamine-dihydrochloride (NED), brucine, H₂SO₄, dan parafin.

Prosedur penelitian

Kegiatan pemeliharaan ikan dilakukan selama 28 hari dengan pemberian paparan spektrum cahaya berbeda. Wadah yang digunakan untuk pemeliharaan yaitu akuarium berukuran (25x25x25) cm sebanyak 15 akuarium. Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas lima perlakuan dan tiga ulangan yaitu kontrol (K), spektrum cahaya merah (M), spektrum cahaya putih (P), spektrum cahaya biru (B), dan spektrum cahaya hijau (H). Akuarium dibersihkan terlebih dahulu menggunakan air bersih dan dikeringkan kemudian diletakkan di atas rak. Selanjutnya akuarium diisi air tawar yang telah diendapkan dengan ketinggian 17 cm agar volume air 10 liter. Akuarium dilengkapi dengan aerasi. Kemudian bagian atas dan bawah akuarium

ditutup dengan plastik hitam untuk perlakuan spektrum putih, merah, biru, dan hijau (Kim *et al.* 2018). Perlakuan cahaya ruang bagian atas akuarium tidak ditutup. Lampu LED 3 mata lampu 1,5 watt yang digunakan untuk masing-masing perlakuan sebanyak 6 buah. Lampu LED direkatkan dengan lem pada *styrofoam* dan digantung menggunakan tali. Travo 12 volt digunakan untuk mengubah arus listrik pada lampu LED dari AC ke DC. Intensitas cahaya yang digunakan yaitu 550 lux (Aras *et al.* 2016). Pengukuran lux menggunakan alat lux meter. Lampu LED warna merah dipasang dengan jarak 21 cm ke permukaan air, lampu LED warna putih 35 cm, lampu LED warna biru 17 cm, dan lampu LED warna hijau 32 cm. Perbedaan jarak pemasangan lampu merupakan hasil pengukuran intensitas 550 lux pada masing-masing lampu agar sama. Lama penyinaran diatur selama 12 jam dengan menggunakan *timer*. Spektrum cahaya hijau dengan panjang gelombang 521 nm, spektrum cahaya biru dengan panjang gelombang 458 nm, spektrum cahaya merah dengan panjang gelombang 615 nm, dan cahaya putih dengan panjang gelombang 443 nm dan 539 nm (Novita *et al.* 2019).

Ikan uji berukuran 2-3 cm diadaptasikan di akuarium *stock* selama 10 hari sebelum ditebar. Ikan dipuasakan satu hari sebelum ditebar ke akuarium penelitian. Ikan ditebar pada masing-masing perlakuan dengan padat tebar 10 ekor per akuarium. Pakan yang diberikan yaitu cacing sutera (*Tubifex* sp.) yang diberikan secara *at satiation*. Frekuensi pemberian pakan 2 kali sehari yaitu pada pukul 08.00-09.00 WIB dan 16.00-17.00 WIB. Pergantian air dilakukan setiap hari sekali sebanyak 10% dari total volume air akuarium uji. Kualitas warna, sel

kromatofora, dan kadar glukosa darah diamati pada awal dan akhir pemeliharaan.

Data kualitas air meliputi suhu, oksigen terlarut, pH, *Total Amonia Nitrogen* (TAN), dan nitrit. Parameter kualitas air diukur setiap hari dan 7 hari sekali untuk TAN dan nitrit.

Parameter Uji

Tingkat sintasan ikan sumatra merupakan perbandingan antara ikan yang hidup pada akhir penelitian dengan ikan yang hidup pada awal penelitian. Berikut ini merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung tingkat sintasan ikan (Effendie 1997):

$$TS = \frac{N_t}{N_o} \times 100$$

Keterangan: TS= tingkat sintasan (%), N_t = jumlah ikan pada akhir pemeliharaan, N_o = jumlah ikan pada awal pemeliharaan.

Persentase kualitas warna diamati menggunakan kamera DSLR (*Digital Single-Lens Reflex*) 24 Mega Pixel (MP). Setiap perlakuan menggunakan tiga buah foto sampel dengan tiga ulangan. Pengamatan dilakukan pada bagian empat pita hitam dan tubuh yang berwarna jingga. Selanjutnya hasil foto ikan dianalisis menggunakan perangkat lunak Adobe Photoshop CS5 seperti yang dilakukan pada penelitian Aras *et al.* (2016). Persentase kualitas warna disajikan dalam bentuk persentase yaitu 0-100%. Semakin tinggi nilai persentase kualitas warna maka warna akan kontras sedangkan semakin rendah persentase kualitas warna maka warna kurang kontras.

Uji hedonik dilakukan untuk melihat kualitas warna ikan sumatra yang disukai masyarakat. Uji hedonik melibatkan 90 orang sebagai panelis dengan ketentuan tidak buta warna. Kategori penilaian warna terdiri atas sangat tidak

suka (STS), tidak suka (TS), biasa saja (BS), suka (S), dan sangat suka (SS).

Bagian yang diambil sebagai sampel yaitu kulit bagian epidermis pada bagian tubuh yang berwarna jingga. Ikan uji yang digunakan yaitu tiga ekor setiap perlakuan dengan tiga ulangan. Metode yang digunakan yaitu teknik histologi dengan pewarnaan eosin dan hematoksilin (Tume *et al.* 2009). Sampel dipotong dengan ketebalan 0,6 μ m. Selanjutnya preparat histologi diamati dengan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400 kali dan sel kromatofora dihitung setelah pengamatan. Setiap satu lapang pandang diamati lima titik daerah yang dihitung sel kromatoforanya yaitu 1 mm² (Novita *et al.* 2019).

Kadar glukosa darah pada ikan uji diukur menggunakan glukometer. Ikan uji yang digunakan untuk setiap perlakuan yaitu satu ekor dengan tiga ulangan. Pengambilan darah sampel dari ikan uji dilakukan dengan menggunakan *syringe* 0,5 ml. Selanjutnya diteteskan pada strip *glucotest* sampai pangkal garis penuh. Selanjutnya *glucotest strip* dimasukan ke dalam glukometer. Kemudian didiamkan sejenak hingga hasil pengukuran glukosa darah terbaca.

Parameter kualitas air yang diukur meliputi suhu, pH, oksigen terlarut, serta *Total Amonia Nitrogen* (TAN), dan nitrit diukur pada hari ke-0, 7, 14, 21, dan 28. Sampel air yang diambil yaitu satu botol sampel setiap akuarium. Botol sampel yang digunakan untuk mengambil sampel air dari wadah pemeliharaan yaitu dengan volume 100 ml. Pengambilan sampel dilakukan pada pagi hari dengan tujuan air dapat diamati langsung di laboratorium lingkungan. Berikut ini merupakan parameter, metode, dan alat pengukuran kualitas air selama penelitian (Tabel 1).

Pengamatan respons tingkah laku ikan sumatra terhadap paparan spektrum cahaya

Tabel 1 Parameter, metode, dan alat pengukuran kualitas air

Parameter	Metode	Alat
Suhu	<i>In situ</i>	Termometer
pH	<i>In situ</i>	pH meter
Oksigen terlarut (mg L ⁻¹)	<i>In situ</i>	DO meter
Total Amonia Nitrogen (TAN) (mg L ⁻¹)	Spektrofotometri	Spektrofotometer
Nitrit (mg L ⁻¹)	<i>Sulfanilamide</i>	Spektrofotometer

Tabel 2 Tingkah laku ikan sumatra *Puntigrus tetrazona* yang diamati

Respons Tingkah Laku yang Diamati	Deskripsi Respons
Respons berenang ikan	Ikan berenang aktif di akuarium
Respons ikan bergerombol	Ikan berenang secara bergerombol
Respons ikan mengenali pakan	Ikan bergerak menuju pakan yang diberikan
Respons reflek ikan	Ikan bergerak menjauhi sumber tepukan ketika akuarium ditepuk-tepuk

meliputi cara mengenali pakan, respons berenang ikan, reflek ikan, dan tingkah laku ikan bergerombol. Berikut ini merupakan penjelasan respons tingkah laku yang diamati selama penelitian dan deskripsi respons ikan sumatra yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Respons tingkah laku ikan sumatra pada Tabel 2 diberi skoring dengan tanda sebagai berikut (Aras *et al.* 2016) :

- (-) : tidak ada respons (<20 % jumlah ikan uji);
- (+) : respons rendah (20-50 % jumlah ikan uji)
- (++) : respons sedang (50-70 % jumlah ikan uji)
- (+++): respons tinggi (>70 % jumlah ikan uji)

Analisis Data

Data yang diperoleh diolah dengan bantuan Microsoft Excel 2010. Analisis data dilakukan dengan analisis (One-way ANOVA) menggunakan SPSS versi 22.0, jika ditemukan berbeda nyata kemudian dilakukan uji lanjut dengan menggunakan Uji Duncan.

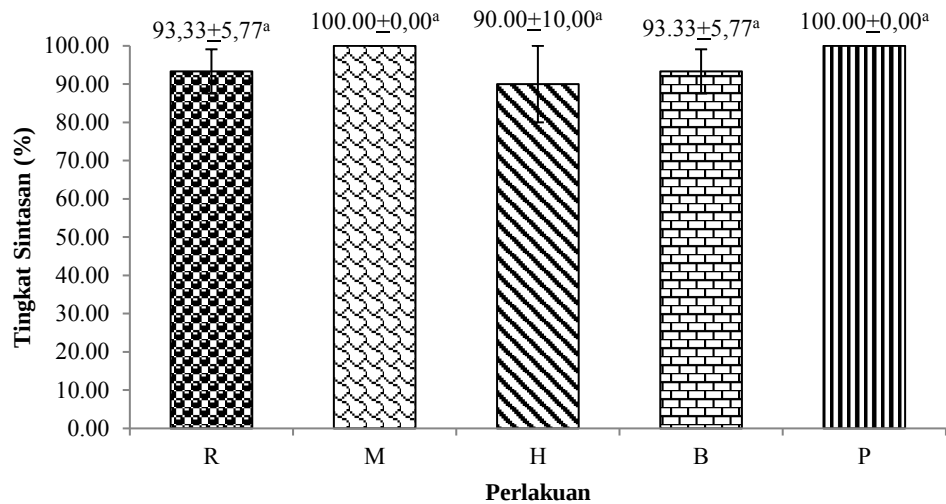
Analisis Data

Data yang diperoleh diolah dengan bantuan Microsoft Excel 2010. Analisis data dilakukan dengan analisis (One-way ANOVA) menggunakan SPSS versi 22.0, jika ditemukan berbeda nyata kemudian dilakukan uji lanjut dengan menggunakan Uji Duncan.

Hasil

Tingkat sintasan merupakan perbandingan dari jumlah ikan pada akhir pemeliharaan dengan ikan pada awal pemeliharaan. Tingkat sintasan ikan sumatra *Puntigrus tetrazona* pada penelitian ini berkisar dari 90,00±10,00% - 100,00±0,00% (Gambar 1). Tingkat sintasan ikan sumatra pada semua perlakuan tidak berbeda nyata berdasarkan hasil analisis sidik ragam (ANOVA).

Persentase kualitas warna ikan sumatra yang dipelihara pada perlakuan spektrum cahaya yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan hasil analisis menggunakan perangkat lunak Photoshop CS5 kualitas warna terbaik dihasilkan oleh spektrum cahaya merah (M). Spektrum cahaya merah menghasilkan persentase warna



Gambar 1 Tingkat sintasan ikan sumatra *Puntigrus tetrazona* pada perlakuan cahaya ruang (R), spektrum cahaya merah (M), spektrum cahaya hijau (H), spektrum cahaya biru (B), dan spektrum cahaya putih (P).

Tabel 3 Persentase kualitas warna ikan sumatra *Puntigrus tetrazona*

Perlakuan	Kualitas warna ikan Sumatra (%)	
	Warna Hitam	Warna Jingga
K	27,41±0,53 ^a	32,63±2,92 ^a
R	25,62±1,25 ^b	45,03±0,84 ^b
M	32,26±0,07 ^d	48,81±1,57 ^c
H	26,77±0,46 ^{bc}	45,81±0,88 ^b
B	25,99±0,76 ^{bc}	43,37±1,73 ^b
P	23,22±1,31 ^c	45,59±0,74 ^b

Keterangan: Kualitas warna kontrol (K), cahaya ruang (R), spektrum cahaya merah (M), spektrum cahaya hijau (H), spektrum cahaya biru (B), spektrum cahaya putih (P). Semakin tinggi persentase maka warna akan semakin kontras dan semakin rendah persentase maka warna semakin pudar

hitam pada empat pita hitam pada tubuh ikan sumatra sebesar 32,26±0,07%. Perbedaan kualitas warna empat pita hitam pada ikan sumatra menunjukkan hasil berbeda nyata berdasarkan hasil analisis sidik ragam. Kemudian spektrum cahaya merah memberikan kualitas warna jingga pada tubuh ikan sumatra terbaik dengan nilai 48,81±1,57%. Perlakuan spektrum cahaya memberikan pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya berdasarkan hasil analisis sidik ragam.

Gambar 2 merupakan gambar visual ikan sumatra *Puntigrus tetrazona* yang diambil menggunakan kamera DSLR 24 Mega Pixel

(MP) pada perlakuan kontrol (K), cahaya ruang (R), spektrum cahaya merah (M), spektrum cahaya hijau (H), spektrum cahaya putih (P), dan spektrum cahaya biru (B).

Persentase penilaian kualitas warna dilakukan oleh panelis dapat dilihat pada Gambar 3. Persentase penilaian oleh panelis menunjukkan nilai sangat tidak suka (STS) tertinggi yaitu pada ikan kontrol (K) sebelum perlakuan sebesar 4,44% (4 orang panelis). Hasil uji menggunakan metode hedonik penilaian panelis menunjukkan nilai tidak suka (TS) tertinggi yaitu pada perlakuan spektrum cahaya hijau (H) dan biru (B) dengan persentase sebesar 15,55% (14 orang

panelis). Penilaian panelis menunjukkan persentase biasa saja (BS) paling tinggi yaitu sebelum perlakuan (A) sebesar 54,44% (49 orang panelis). Persentase tertinggi suka (S) berdasarkan pilihan panelis yaitu perlakuan spektrum cahaya merah (M) sebesar 44,44% (40 orang panelis). Perlakuan spektrum merah (M) mendapatkan penilaian sangat suka (SS) paling tinggi dari panelis sebesar 17,77% (16 orang panelis).

Jumlah sel kromatofora ikan sumatra yang dipelihara selama 28 hari dengan paparan

spektrum cahaya yang berbeda, memiliki jumlah sel kromatofora yang berbeda (Gambar 4). Jumlah sel kromatofora tertinggi yaitu pada perlakuan spektrum cahaya merah (M) yaitu sebesar $147,3 \pm 3,7$ sel/mm². Berdasarkan hasil analisis sidik ragam perlakuan spektrum cahaya merah (M) menunjukkan hasil yang berbeda nyata antarperlakuan.



Kontrol (K)



Cahaya ruang (R)



Spektrum cahaya merah



Spektrum cahaya putih (P)



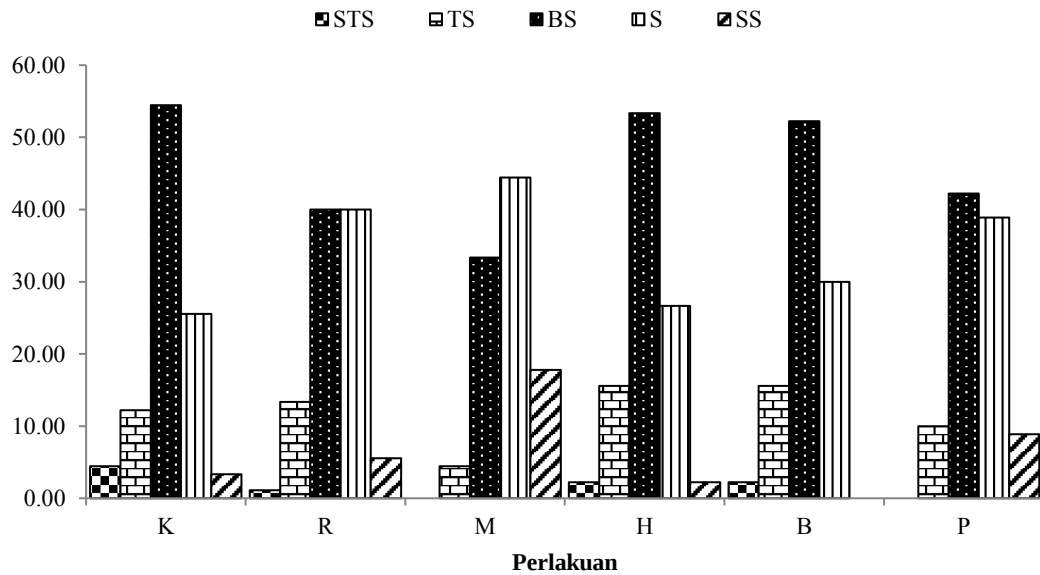
Spektrum cahaya biru (B)



Spektrum cahaya hijau (H)

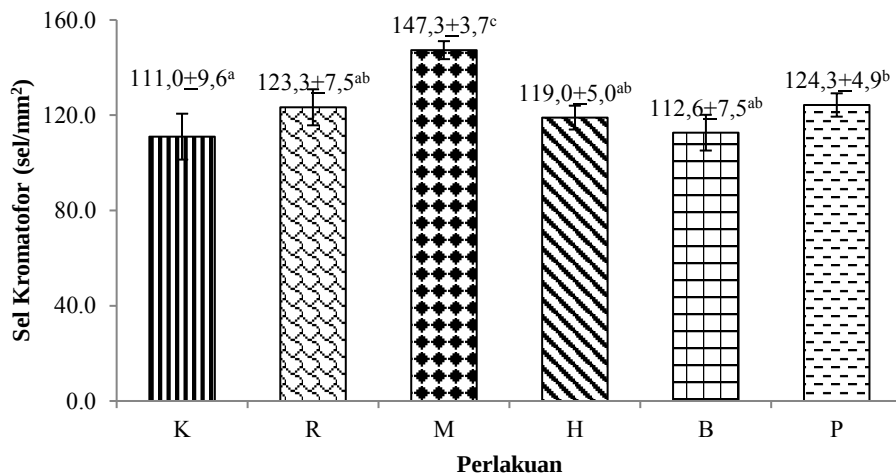
Skala 1 : 1

Gambar 2 Pengamatan kualitas warna ikan sumatra *Puntigrus tetrazona* dengan perlakuan paparan spektrum cahaya berbeda menggunakan kamera DSLR.



Keterangan : Sangat Tidak Suka (STS), Tidak Suka (TS), Biasa Saja (BS), Suka (S), dan Sangat Suka (SS).

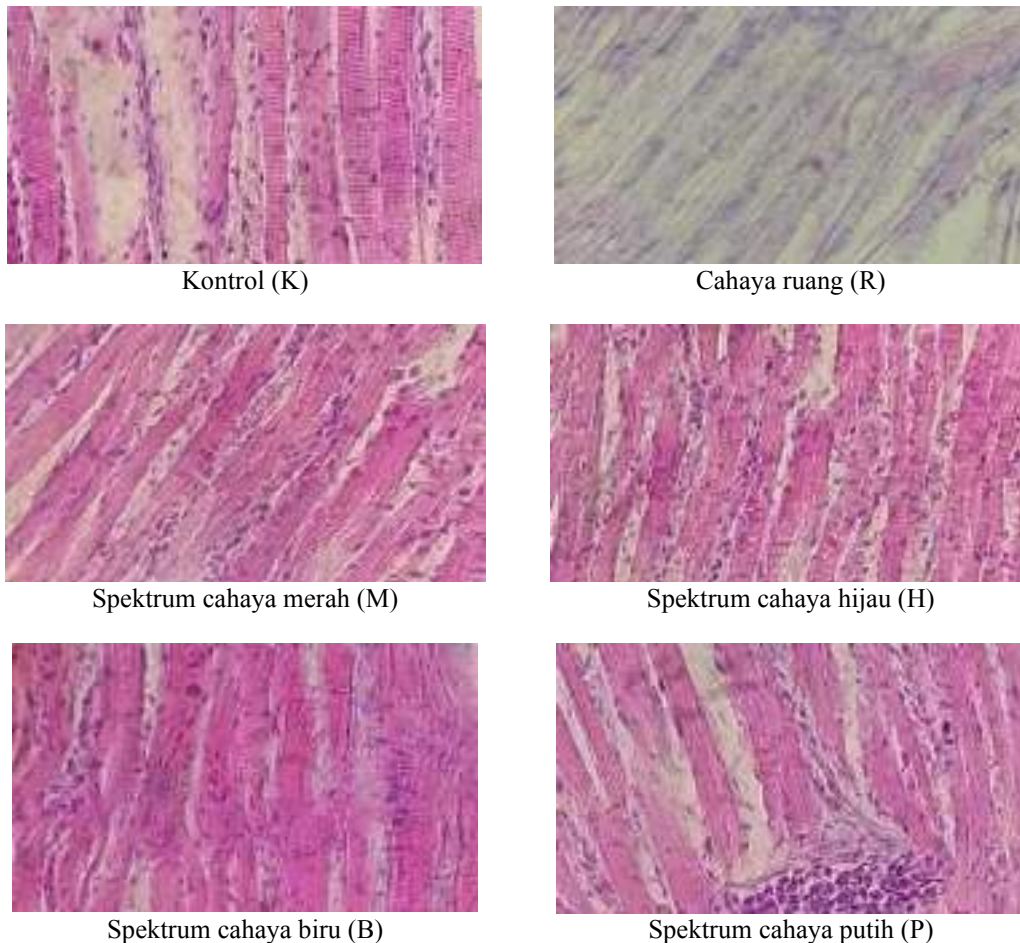
Gambar 3 Persentase penilaian kualitas warna ikan sumatra *Puntigrus tetrazona* pada kontrol (K), cahaya ruang (R), perlakuan spektrum merah (M), spektrum hijau (H), spektrum biru (B), dan spektrum putih (P) oleh panelis.



Gambar 4 Jumlah sel kromatofora ikan sumatra *Puntigrus tetrazona* pada perlakuan kontrol (K), cahaya ruang (R), spektrum cahaya merah (M), spektrum cahaya hijau (H), spektrum cahaya biru (B), dan spektrum cahaya putih (P).

Jumlah sel kromatofora ikan sumatra yang dipelihara selama 28 hari dengan paparan spektrum cahaya yang berbeda, memiliki jumlah sel kromatofora yang berbeda (Gambar 4). Jumlah sel kromatofora tertinggi yaitu pada perla-

kuan spektrum cahaya merah (M) yaitu sebesar 147,3±3,7 sel/mm². Berdasarkan hasil analisis sidik ragam perlakuan spektrum cahaya merah (M) menunjukkan hasil yang berbeda nyata antarperlakuan.



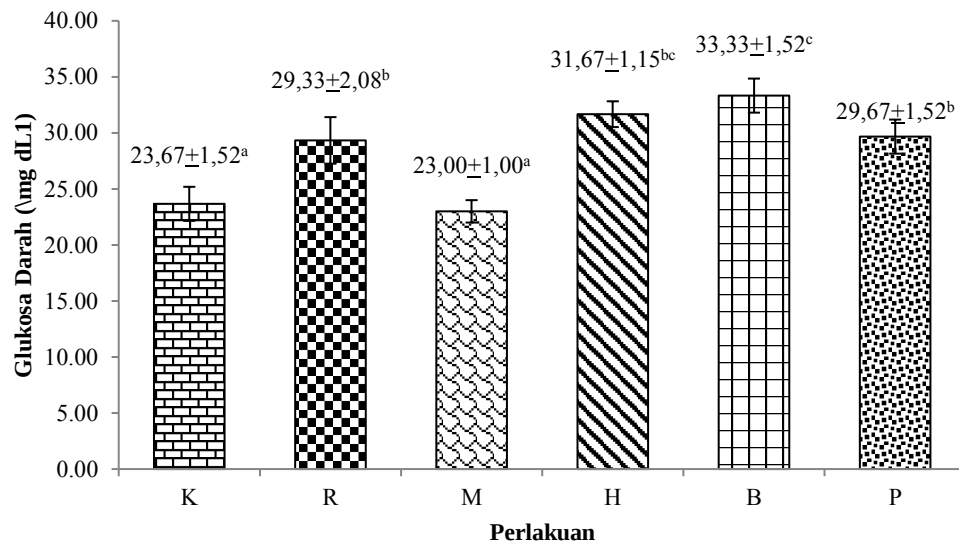
Gambar 5 Sel kromatofora ikan sumatra *Puntigrus tetrazona* pada perlakuan paparan spektrum cahaya berbeda yang diamati menggunakan mikroskop pada perbesaran 40x10.

Gambar 5 memperlihatkan gambar hasil preparat histologi sel kromatofora ikan sumatra pada perlakuan spektrum yang berbeda. Pengamatan histologi sel kromatofora dilakukan pada awal dan akhir pemeliharaan. Pengamatan histologis kromatofora menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400 kali.

Kadar glukosa darah merupakan salah satu parameter yang dapat menggambarkan tingkat stres ikan. Respons fisiologis ikan ketika dalam kondisi lingkungan yang tidak sesuai dapat menyebabkan ikan menjadi stres. Nilai kadar glukosa tertinggi berdasarkan hasil pengukuran yaitu $33,33 \pm 1,52 \text{ mg dL}^{-1}$ pada perlakuan spektrum cahaya biru (B) (Gambar 6). Kadar glukosa darah

pada perlakuan spektrum cahaya biru (B) berbeda nyata berdasarkan analisis sidik ragam (ANOVA). Kadar glukosa pada perlakuan spektrum cahaya merah (M) tidak berbeda nyata berdasarkan analisis sidik ragam (ANOVA) dengan ikan perlakuan kontrol (K) (Gambar 6).

Parameter kualitas fisika kimia media pemeliharaan pada media pemeliharaan ikan sumatra selama 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4. Parameter fisik dan kimiawi air yang diukur masih dalam kisaran normal. Suhu berkisar $23,5\text{--}28^{\circ}\text{C}$, Oksigen terlarut berkisar $4,2\text{--}6,3 \text{ mg L}^{-1}$, kadar nitrit $0,206\text{--}0,442 \text{ mg L}^{-1}$, dan kadar Total Ammonia Nitrogen (TAN) berkisar $0,04\text{--}0,88 \text{ mg L}^{-1}$.



Gambar 6 Kadar glukosa darah ikan sumatra *Puntigrus tetrazona* pada perlakuan kontrol (K), cahaya ruang (K), spektrum cahaya merah (M), spektrum cahaya hijau (H), spektrum cahaya biru (B), dan spektrum cahaya putih (P).

Tabel 4 Parameter fisik kimiawi air media pemeliharaan ikan sumatra *Puntigrus tetrazona*

Parameter	Perlakuan				
	R	M	H	B	P
Suhu (°C)	23,5-27,5	24-27	24,5-27,8	25-28	24-27,5
pH	6,8-7,6	6,8-7,5	6,5-7,6	6,6-7,6	6,7-7,6
Oksigen terlarut (mg L ⁻¹)	4,2-5,8	4,3-6,3	4,3-5,8	4,2-6,2	4,2-6,0
Nitrit (mg L ⁻¹)	0,083-0,207	0,083-0,182	0,083-0,171	0,083-0,202	0,083-0,17
Total Amonia Nitrogen (mg L ⁻¹)	0,004-0,097	0,004-0,082	0,004-0,105	0,004-0,101	0,004-0,07

Respons tingkah laku ikan sumatra secara umum mengalami perubahan yang meningkat setiap tujuh hari. Respons mengenali pakan pada perlakuan kontrol (K), spektrum cahaya biru (B), dan spektrum cahaya hijau (H) pada hari 1-7 rendah (+) (Tabel 5). Respons berenang pada perlakuan spektrum cahaya biru (B) dan hijau (H) menunjukkan respons rendah (+) dibandingkan perlakuan lainnya. Respons reflek ikan terendah yaitu pada perlakuan spektrum cahaya merah (M) dibandingkan perlakuan lain (Tabel 5).

Respons tingkah laku ikan sumatra secara umum mengalami perubahan yang meningkat setiap tujuh hari. Respons mengenali pakan pada perlakuan kontrol (K), spektrum cahaya biru (B), dan spektrum cahaya hijau (H) pada hari 1-7 rendah (+) (Tabel 5). Respons berenang pada perlakuan spektrum cahaya biru (B) dan hijau (H) menunjukkan respons rendah (+) dibandingkan perlakuan lainnya. Respons reflek ikan terendah yaitu pada perlakuan spektrum cahaya merah (M) dibandingkan perlakuan lain (Tabel 5).

Tabel 5 Respons tingkah laku ikan sumatra *Puntigrus tetrazona*

Hari ke-	Perlakuan	Respons tingkah laku			
		Berenang	Bergerombol	Mengenali pakan	Refleks ikan
1-7	R	+++	+	+	+++
	M	++	++	++	++
	H	+++	+	+	+++
	B	++	+	+	+++
	P	++	++	++	+++
8-14	R	+++	++	++	++
	M	+++	+++	+++	++
	H	++	++	++	+++
	B	++	++	++	+++
	P	+++	+++	+++	++
15-21	R	+++	+++	+++	++
	M	+++	+++	+++	++
	H	+++	+++	+++	++
	B	+++	+++	+++	++
	P	+++	+++	+++	++
21-28	R	+++	+++	+++	++
	M	+++	+++	+++	+
	H	+++	+++	+++	++
	B	+++	+++	+++	++
	P	+++	+++	+++	++

Keterangan : Perlakuan cahaya ruang (K), spektrum cahaya merah (M), spektrum cahaya hijau (H), spektrum cahaya biru (B), spektrum cahaya putih (P); tidak ada respons (-), respons rendah (+), respons sedang (++), respons tinggi (+++).

Pembahasan

Tingkat sintasan ikan sumatra pada perlakuan spektrum yang berbeda selama 28 hari berkisar antara $90,00 \pm 10,00\%$ – $100 \pm 0,00\%$. Persentase sintasan ikan sumatra tidak berbeda nyata antarperlakuan berdasarkan hasil analisis sidik ragam (ANOVA) dengan uji lanjut menggunakan Uji Duncan ($p > 0,05$) (Gambar 1). Perbedaan spektrum cahaya selama perlakuan tidak memengaruhi persentase tingkat sintasan ikan sumatra. Hal tersebut sama dengan penelitian menggunakan perbedaan spektrum cahaya pada ikan botia *Chromobotia macracanthus* (Aras *et al.* 2016).

Ikan sumatra memiliki ciri khas pada tubuhnya yang memiliki corak seperti macan atau biasa disebut Sumatra barb. Ciri khas ikan sumatra warna jingga dan empat pita hitam pada tubuhnya menjadi daya tarik tersendiri untuk dipelihara. Bagian tubuh ikan sumatra yang

berwarna jingga dan empat pita hitam dianalisis menggunakan perangkat lunak Photoshop CS5 (Aras *et al.* 2016). Warna pada ikan dihasilkan astaxanthin yang diperoleh dari pakan. Astaxanthin sangat berpengaruh terhadap pigmen warna pada salmon liar yaitu mencapai 90% dari jumlah karotenoid. Proses pengangkutan karotenoid melalui darah ke otot kemudian disimpan pada bagian kulit (Anderson 2000). Selain dari faktor pakan, perubahan warna pigmen ikan dapat disebabkan oleh perubahan lingkungan (Kant *et al.* 2016).

Berdasarkan hasil analisis menggunakan Photoshop CS5, ikan sumatra pada perlakuan paparan spektrum cahaya merah (M) menunjukkan hasil yang signifikan. Perlakuan spektrum cahaya merah (M) menunjukkan persentase warna hitam tertinggi sebesar $32,26 \pm 0,07\%$. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (ANOVA) perlakuan spektrum cahaya merah (M) berbeda

nyata dengan perlakuan lain. Selain memberikan kualitas warna hitam yang terbaik, spektrum cahaya merah (M) dapat meningkatkan kualitas warna jingga secara signifikan pada ikan sumatra. Persentase tertinggi untuk kualitas warna jingga yaitu pada perlakuan spektrum cahaya merah (M) sebesar $48,81 \pm 1,57\%$. Berdasarkan analisis sidik ragam, perlakuan spektrum cahaya merah berbeda nyata dengan perlakuan lain melalui Uji Duncan ($p < 0,05$). Hasil tersebut sesuai dengan penelitian menggunakan spektrum cahaya merah untuk meningkatkan kualitas warna ikan botia (Aras *et al.* 2016). Warna yang dihasilkan oleh paparan spektrum cahaya bersifat sementara, jika kondisi lingkungan cahaya tidak sesuai maka kualitas warna akan memudar kembali (Novita *et al.* 2019).

Perbedaan kualitas warna ikan sumatra dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil uji menunjukkan bahwa ikan sumatra pada perlakuan spektrum cahaya merah (M) mendapatkan persentase sebesar 17,77% panelis sangat suka (SS). Persentase panelis sangat tidak suka (STS) tertinggi yaitu pada ikan awal (A) sebelum perlakuan sebesar 4,44% (Gambar 3). Analisis kuantitatif kualitas warna ikan sumatra menggunakan perangkat lunak Photoshop CS5 dan hasil uji kualitatif oleh panelis menunjukkan hasil yang berbanding lurus.

Sel kromatofora dapat digunakan untuk mengidentifikasi kualitas warna ikan sumatra *Puntigrus tetrazona*. Sel kromatofora disebut juga sel pigmen yang terletak di bagian dermis atau bagian bawah dermis. Bagian dermis atas disebut *stratum spongiosum* dan dermis bawah disebut *stratum copactum* (Roberts & Ellis 2012). *Stratum spongiosum* terdiri atas kolagen dan serat retikula yang berisi sel kromatofora (sel pigmen). *Stratum copactum* terdiri atas jaringan

kolagen yang dapat mengubah struktur dermis menjadi gelap atau terang. Perubahan kualitas warna ikan sangat mudah dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, penyakit yang menyerang ikan, serta aktivitas seksual sebagai modulasi untuk mengontrol daya absorpsi dan refleksi dari sel kromatofora (Robert & Ellis 2012). Perlakuan spektrum cahaya yang berbeda diduga dapat memengaruhi kualitas warna ikan sumatra dilihat dari sel kromatofornya (Aras *et al.* 2016). Selain itu menurut Tume *et al.* (2009), ikan yang dipelihara pada kondisi cahaya yang terlampau terang dapat memicu terhidrolisisnya sel kromatofora yang dibentuk oleh astaxanthin.

Jumlah sel kromatofora pada ikan sumatra diamati pada awal dan akhir pemeliharaan. Jumlah sel kromatofora berkisar dari $111,0 \pm 9,6 - 147,3 \pm 3,7$ sel/mm² (Gambar 4). Berdasarkan analisis sidik ragam, perbedaan spektrum cahaya menunjukkan hasil berbeda nyata terhadap jumlah sel kromatofora dan dilanjutkan dengan Uji Duncan ($p < 0,05$). Respons peningkatan jumlah sel kromatofor terbaik yaitu pada perlakuan spektrum cahaya merah (M). Penelitian penggunaan spektrum cahaya pada ikan botia menunjukkan spektrum cahaya merah memberikan hasil terbaik (Aras *et al.* 2016). Perbedaan jumlah sel kromatofora pada setiap perlakuan diduga disebabkan jumlah pakan yang dikonsumsi. Ikan sumatra perlakuan spektrum cahaya merah (M) lebih cepat beradaptasi dan lebih cepat mengenali pakan pada minggu pertama (Tabel 5). Pembentuk pigmen warna dipicu oleh komponen utama berupa karotenoid yang didapatkan dari pakan, sebab tubuh ikan tidak dapat mensintesis karotenoid. Berdasarkan Tabel 5 ikan sumatra pada perlakuan spektrum cahaya merah (M) lebih cepat merespons pakan yang diberikan. Hal tersebut ditandai dengan pergerakan ikan yang

bergerak mendekati pakan setelah pakan diberikan. Menurut Volpato *et al.* (2013) cahaya berwarna merah dapat memotivasi ikan untuk lebih cepat memakan pakan yang diberikan yang didasarkan pada kecepatan ikan memakan pakan yang diberikan. Penelitian menggunakan ikan botia menunjukkan hal yang sama bahwa respons mengenali pakan terbaik yaitu pada perlakuan spektrum cahaya merah (M) (Aras *et al.* 2016).

Hasil pengamatan histologi sel kromatofora (Gambar 5) menunjukkan bahwa pada perlakuan spektrum cahaya merah (M) titik-titik ungu kehitaman yang diduga sel kromatofora lebih rapat dan jumlahnya lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan lain. Selain itu pada perlakuan spektrum cahaya merah (M) sel kromatofora menyebar merata hal tersebut dapat disebabkan oleh panjang gelombang spektrum cahaya merah berkisar antara 500-700 nm dengan puncak panjang gelombang sebesar 615 nm dapat mengurangi kerusakan kandungan astaxanthin pada pigmen ikan dari sinar ultraviolet. Hal tersebut diduga dapat mencegah hidrolisis kandungan karotenoid (Aras *et al.* 2016). Kondisi lingkungan pemeliharaan yang terlalu terang dapat menyebabkan sel kromatofora menjadi terlihat seperti memudar, hal tersebut disebabkan sel kromatofora yang dibentuk dari karotenoid berupa astaxanthin mengalami hidrolisis dari *free* astaxanthin berubah menjadi turunan dengan satu asam lemak yang membentuk mono ester (Tume *et al.* 2009).

Stres merupakan respons fisiologis ikan ketika menerima stresor yang salah satunya disebabkan dari faktor lingkungan seperti panjang gelombang (Utomo *et al.* 2017). Pada penelitian ini respons stres diukur melalui kadar glukosa darah ikan. Stres memengaruhi respons fisiologis berupa sekresi kortisol yang mem-

ngaruhi katabolisme, mobilisasi energi, dan fungsi fisiologi lainnya (Hastuti *et al.* 2004). Hasil penelitian (Gambar 6) menunjukkan ikan sumatra yang dipelihara pada spektrum cahaya merah (M) dan awal (A) memiliki nilai kadar glukosa darah terendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Nilai kadar glukosa darah pada perlakuan spektrum cahaya merah (M) dan kontrol (K) berbeda nyata dengan perlakuannya berdasarkan analisis sidik ragam (ANOVA) dan diuji lanjut menggunakan Uji Duncan ($p < 0,05$). Kadar glukosa yang rendah mengindikasikan respons stres yang sedikit. Penelitian pada ikan badut *Amphiprion percula* menggunakan spektrum cahaya merah memiliki kadar glukosa terendah (Novita *et al.* 2019).

Kualitas air masih dalam kondisi yang cukup baik untuk pemeliharaan ikan sumatra *Puntigrus tetrazona* (Tabel 4). Hal tersebut dapat dilihat dari persentase tingkat sintasan ikan sumatra. Tingkat sintasan yang berkisar antara 90-100% mengindikasikan bahwa kualitas air selama pemeliharaan ikan sumatra dalam rentang yang dapat ditoleransi. Suhu optimal pemeliharaan ikan sumatra berkisar antara 25-29 °C. Oksigen terlarut selama pemeliharaan ikan sumatra masih dalam rentang yang dapat ditoleransi. Oksigen terlarut yang optimal yaitu berkisar antara 3,0-5,0 (mg L⁻¹). pH pemeliharaan ikan sumatra masih dalam kondisi optimal yaitu berkisar antara 6-8 (Boyd 1982).

Kebutuhan intensitas cahaya setiap ikan berbeda. Hasil pengamatan pada Tabel 5 ketika ikan diberi rangsangan cahaya, tingkah laku ikan sangat bervariasi. Ikan dapat berenang agresif apabila cahaya yang diberikan terlalu terang (Santos *et al.* 2019). Ikan pada perlakuan spektrum cahaya biru (B) dan hijau (H) menunjukkan hasil pengukuran kadar glukosa tertinggi. Stresor

berupa spektrum cahaya yang mengenai ikan dapat memengaruhi sel, individu, hingga populasi (Iwama *et al.* 2005). Respons dari adanya stresor yang dapat dilihat secara langsung yaitu respons tingkah laku. Ikan sumatra yang dapat mempertahankan respons fisiologisnya terhadap stres maka akan tetap hidup. Ikan yang tidak dapat mempertahankan respons fisiologisnya akan menurunkan persentase tingkat sintasan (Aras *et al.* 2016). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan spektrum cahaya merah (M) dan putih (P) menunjukkan respons yang cukup baik. Hal tersebut diduga ikan pada perlakuan tersebut dapat membuat keadaan tubuhnya menjadi homeostatis (Iwama *et al.* 2005).

Simpulan

Paparan spektrum cahaya dengan menggunakan spektrum cahaya merah (M) memberikan pengaruh terbaik terhadap kualitas warna ikan sumatra *Puntigrus tetrazona*.

Daftar pustaka

- Ahlihan B, Jegan K, Felix N, Ravaneswaran K. 2008. Influence of botanical additives on the growth and colouration of adult goldfish, *Carassius auratus* (Linnaeus). *Journal Veterinary & Animal Sciences*, 4(4): 129-134.
- Anderson S. 2000. Color and the consumer. International Institute of Fisheries Economics and Trade Proceeding, 1-3.
- Aras AK, Nirmala K, Soelistyowati DT, Sudarto. 2016. Manipulasi spektrum cahaya terhadap pertumbuhan dan kualitas warna yuwana ikan botia *Chromobotia macracanthus* (Bleeker, 1852). *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 16(1): 45-55.
- Axelrod HR. 1998. *Atlas of Freshwater Aquarium Fishes*. 9th edition. TFH Publication, Washington. 890 p.
- Baensch HA, Riehl R. 1996. *Aquarien Atlas*. Band 1 10th Edition Melle : Mergus-Verlag GmbH, Germany. 992 p.
- Bouef G, Le Bail PY. 1999. Does light have an influence on fish growth? *Aquaculture*, 177 (1-4): 129-152.
- Boyd CE. 1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture. *Elsevier Scientific Publishing Company*, Amsterdam. 318 p.
- [DJPB] Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. 2017. *Laporan kinerja 2016*. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Kementerian Kelautan dan Perikanan. Jakarta 86 hlm.
- Effendie MI, 1997. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara, Yogyakarta. 163 hlm.
- Hastuti S, Mokoginta I, Dana D, Sutardi T. 2004. Resistensi terhadap stres dan respons imunitas ikan gurami (*Osphronemus gourmay*, Lac) yang diberi pakan mengandung kromium-ragi. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 11(1) : 15-21
- Iwama GK, Afonso LOB, Vijayan MM. 2005. Stress in fish. In: Evans DH, Claiborne JB (editors). *The Physiology of Fishes*, 3rd ed. CRC Press. Boca Raton, pp. 319- 342
- Kant KR, Gupta K, Langer S. 2016. Seasonal variations in chromatophore index in fish *Puntigrus sophore* from jammu water bodies, jammu and kashmir (India). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4(4): 425-430.
- Kim B, Lee D, Chun K. 2018. Effects of led color on fish growth in aquaculture. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(3): 3321-3325.
- Koncara G, Utomo NBP, Setiawati M, Yamin M. 2019. Peningkatan kualitas warna ikan sumatra albino, *Puntigrus tetrazona* (Bleeker, 1855) dengan pakan buatan yang diperkaya tepung bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.). *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 19(1): 53-64.
- Medkour B, Mehanna M, Abdelmonem M. 2013. Comparison study between using HPLS, LED, and C.F lamps in roadway lighting. *New York Cience Journal*, 6(10): 26-30.
- Nafsihi N, Hudaidah S, Supono. 2016. Pemanfaatan tepung *Spirulina* sp. untuk meningkatkan kecerahan warna ikan sumatra (*Puntigrus tetrazona*). *e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 4(2): 523-528.

- Novita RD, Nirmala K, Supriyono E, Ardi I. 2019. Efektivitas paparan spektrum cahaya lampu *Light Emitting Diode* (LED) terhadap pertumbuhan dan kualitas warna yuwana ikan badut, *Amphiprion percula* (Lacepede, 1802). *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 19(1): 127-141.
- Rahayu G, Sakioto. 2018. Analisa pengaruh filter warna dan daya lampu fluorescent terhadap kelajuan nyamuk. *Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia*, 15(2): 1318-1327.
- Rahardjo MF, Sjafei DS, Affandi R, Sulistiono. 2011. *Iktiologi*. CV Lubuk Agung. Bandung. 396 hlm.
- Roberts RJ, Ellis AE, 2012. The anatomy and physiology of teleostei. In: Robets RJ (editor). *Fish Pathology* 4th ed Blackwell Publishing, Oxford. p.17-20.
- Santos TG, Schorer M, Santos JCE, Pelli A, Pedreira MM. 2019. The light intensity in growth, behavior and skin pigmentation of juvenile catfish *Lophiosilurus alexan-dri* (Steindachner). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 47(3): 416-422.
- Saxena A. 1994. Health; colouration of fish. *Proceedings of International Symposium on Aquatic Animal Health: Program and Abstract*. University of California, School of Veterinary Medicine, California. pp. 94.
- Tume RK, Sikes AL, Tabbert S, Smith DM. 2009. Effect of background colour on the distribution of astaxanthin in black Sumatra prawn (*Panaeus monodon*): Effective method for improvement of cooked colour. *Aquaculture*, 269(1-2): 129-135.
- Utomo BS, Yustiati A, Riyantini I, Iskandar. 2017. Pengaruh perbedaan warna cahaya lampu terhadap pertumbuhan ikan nilam (*Osteochilus hasselti*). *Jurnal Perikanan dan Kalutan*, 8(2): 76-82.
- Volpato GL, Freitas RHA, da Silva DF, Delicio HC, Giaquinto PC, Barreto RE. 2013. Red light stimulates feeding motivation in fish but does not improve growth. *Publik Library of Science One*, 8(3): 1-5.
- Wianggawati HD, Firdaus M, Fariyanti A. 2014. Pengembangan komoditas ekspor ikan hias air tawar dan kaitannya dengan pembangunan ekonomi di Kabupaten Bogor. *Jurnal Manajemen Pembangunan Daerah*, 6(1): 82-96.

Kinerja sistem pencernaan dan pertumbuhan larva ikan lele *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) yang dipelihara pada sistem bioflok dengan penambahan *Chlorella* sp.

[Digestive system and growth performance of African catfish larvae *Clarias gariepinus*, (Burchell, 1822) maintained with biofloc technology with the addition of *Chlorella* sp.]

Sujaka Nugraha¹, Julie Ekasari^{2*}, M Zairin Junior², Widanarni²

¹Program Studi Ilmu Akuakultur, Sekolah Pascasarjana IPB

²Departemen Budidaya Perairan, FPIK-IPB

Kampus IPB Dramaga, Jalan Agastis 16680

sujakanugraha@gmail.com; j_ekasari@apps.ipb.ac.id; zairinjr@apps.ipb.ac.id; widanarni@apps.ipb.ac.id;

Diterima: 12 Juli 2020; Disetujui: 13 Oktober 2020

Abstrak

Produksi ikan lele dalam budidaya masih dibatasi oleh rendahnya pasokan benih yang berkualitas baik, karena permasalahan ketersediaan nutrisi yang berkualitas selama pemeliharaan larva. Salah satu solusi meningkatkan ketersediaan dan kualitas larva adalah dengan menggunakan teknologi bioflok serta penambahan *Chlorella* sp. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem pencernaan, pertumbuhan dan ketahanan larva ikan lele yang dipelihara pada sistem bioflok dengan penambahan *Chlorella* sp. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap yang terdiri atas tiga perlakuan dan tiga ulangan, yaitu larva yang dipelihara dengan penggantian air sebagai perlakuan kontrol (K), larva yang dipelihara dengan sistem bioflok (BF), dan larva yang dipelihara dengan perlakuan bioflok dengan penambahan *Chlorella* sp. (BFC) dengan lama pemeliharaan selama 15 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pertumbuhan panjang, laju pertumbuhan spesifik, faktor kondisi, aktivitas protease, amilase, dan lipase antar perlakuan tidak berbeda nyata antarperlakuan ($P > 0,05$). Vili larva ikan lele pada perlakuan BF ($136 \mu\text{m}$) lebih panjang daripada BFC ($121 \mu\text{m}$) dan K ($105 \mu\text{m}$). Ukuran partikel bioflok pada media BF ($0,44 \pm 0,025 \text{ mm}$) lebih rendah daripada bioflok yang terdapat pada media BFC ($0,79 \pm 0,048 \text{ mm}$). Tingkat sintasan larva ikan lele pada perlakuan BFC mencapai $51 \pm 0,32\%$ lebih tinggi ($P < 0,05$) daripada perlakuan K sebesar $45 \pm 0,52\%$ dan BF sebesar $45 \pm 0,15\%$. Hasil uji stres salinitas pada larva ikan lele menunjukkan bahwa larva yang dipelihara dalam media BFC memiliki tingkat sintasan tertinggi ($63 \pm 3,33\%$) dibandingkan perlakuan lainnya ($P < 0,05$). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan *Chlorella* sp. dapat meningkatkan kinerja pertumbuhan dan ketahanan larva lele terhadap uji stres menggunakan salinitas.

Kata penting: bioflok, enzim, partikel, salinitas, vili

Abstract

The production of catfish in aquaculture is still limited by the low supply of good quality seeds. One solution that can be done to overcome this problem is by the application of biofloc technology with microalgae addition. This study aims to evaluate the performance of digestive system, growth and robustness of the African catfish larvae maintained with biofloc technology and the addition of *Chlorella* sp. This research applied a completely randomized experimental design consisted of three treatments and triplicates, i.e larvae maintained with regular water exchange as the control (K), larvae maintained biofloc system (BF) and larvae reared with biofloc treatment and *Chlorella* sp. addition (BFC) with a rearing period of 15 days. Length growth, specific growth rate, condition factor, the activity of protease, amylase and lipase were not significantly different between treatments ($P > 0.05$). The villi length in fish maintained in BF treatment ($136 \mu\text{m}$), was higher than those of BFC ($121 \mu\text{m}$) and K treatments ($105 \mu\text{m}$). The particle size of floc in BF and BFC were 0.44 ± 0.025 and BFC $0.79 \pm 0.048 \text{ mm}$, respectively. The survival of catfish larvae in the BFC treatment was $(51 \pm 0,32)^b$, which was significantly higher ($P < 0.05$) than those of K ($45 \pm 0,52$)^a and BF ($45 \pm 0,15$)^a. The results of stress test using 15 g L^{-1} water salinity demonstrated that the fish maintained in BFC has a higher survival (63%) than those of BF (47%) and K (43%). Overall results of the present study showed that the addition of *Chlorella* sp. could improve the growth performance and robustness of African catfish larvae against salinity stress.

Keywords: biofloc, enzyme, particle, salinity, villi

Pendahuluan

Ikan lele *Clarias gariepinus* merupakan salah satu komoditas ikan air tawar yang banyak

diminati masyarakat Indonesia sehingga produksinya cenderung meningkat dari waktu ke waktu (DJPB 2018). Produksi ikan lele masih mengha-

dapi berbagai permasalahan, salah satunya adalah ketersediaan dan kualitas benih yang masih belum mencukupi kebutuhan pembudidaya. Salah satu faktor yang memengaruhi ketersediaan dan kualitas benih adalah ketersediaan nutrisi yang memadai sepanjang waktu. Salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan ketersediaan dan kualitas larva adalah dengan aplikasi sistem bioflok dengan penambahan *Chlorella* sp.

Teknologi bioflok memanfaatkan limbah nitrogen (N) yang berasal dari sisa pakan, feses dan produk samping metabolisme dengan cara mengonversinya menjadi biomassa mikroba sehingga membentuk flok yang dapat dimanfaatkan oleh ikan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi ikan (Ekasari 2009). Pada produksi pembenihan, teknologi bioflok sudah mulai dilakukan pada larva ikan nila dan udang. Penggunaan teknologi bioflok dapat meningkatkan pertumbuhan dan meningkatkan sintasan larva ikan nila (*Oreochromis niloticus*) (Ekasari *et al.* 2015). Penggunaan teknologi bioflok pada udang (*Litopenaeus vannamei*) dapat meningkatkan pertumbuhan benih (Widanarni *et al.* 2010). Bioflok dilaporkan kaya akan nutrisi yang penting bagi pertumbuhan organisme akuakultur seperti protein, lipid, asam amino dan asam lemak (Ju *et al.* 2008, Ekasari *et al.* 2014a, Gao *et al.* 2019). Bioflok yang terbentuk diharapkan dapat dimanfaatkan oleh larva ikan lele sebagai pakan alami yang dapat menunjang pertumbuhan dan sintasannya. Selain itu, organisme budi daya yang hidup dalam lingkungan yang kaya akan mikroba dan memanfaatkan mikroba sebagai pakan alami memiliki kinerja imunitas organisme yang lebih baik (Rollo *et al.* 2006, Ekasari *et al.* 2014a, dan Ekasari *et al.* 2014b).

Menurut Ju *et al.* (2008) bioflok yang mengandung mikroalga memiliki kandungan senyawa-senyawa bioaktif yang lebih baik daripada bioflok yang didominasi oleh bakteri. Selain itu mikroalga yang terdapat di bioflok dapat merangsang pertumbuhan zooplankton yang dapat menjadi sumber makanan tambahan untuk larva ikan (Bakar *et al.* 2015). *Chlorella* sp. Merupakan fitoplankton yang termasuk jenis organisme uniseluler yang memiliki keragaman, pertumbuhan cepat, mengandung lipid, protein dan kemampuan beradaptasi yang baik (Wijffels & Barbosa 2010). *Chlorella* sp. kaya akan protein, asam amino esensial, vitamin, mineral (kalium, natrium, magnesium, besi, dan kalsium), β -karoten, klorofil, serta zat-zat yang menguntungkan untuk kesehatan (Bauer *et al.* 2017). Dengan profil nutrisi yang baik, penambahan *Chlorella* sp. diharapkan dapat meningkatkan kualitas bioflok sebagai pakan alami untuk larva. Berdasarkan informasi tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh aplikasi sistem bioflok dengan penambahan *Chlorella* sp. terhadap kinerja sistem pencernaan, pertumbuhan dan ketahanan larva ikan lele terhadap stres.

Bahan dan metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober hingga Desember 2019 di Kolam Percobaan Departemen Budidaya Perairan Institut Pertanian Bogor.

Rancangan penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan tiga perlakuan, yaitu perlakuan kontrol (perlakuan K) berupa pemeliharaan larva ikan lele dengan penggantian air secara

teratur dan tanpa penambahan sumber karbon, perlakuan BF berupa pemeliharaan larva ikan lele dalam media bioflok dengan penambahan sumber karbon (molase); dan perlakuan BFC berupa pemeliharaan larva ikan lele dalam media bioflok dengan penambahan sumber karbon (molase) dan *Chlorella* sp. Masing-masing perlakuan tersebut dilakukan dengan tiga ulangan.

Prosedur percobaan

Persiapan wadah pemeliharaan

Wadah pemeliharaan yang digunakan adalah akuarium berukuran 30 cm x 30 cm x 30 cm sebanyak 9 unit. Akuarium dibersihkan dan didesinfeksi menggunakan larutan klorin sebanyak 5 ml L⁻¹ selama 24 jam lalu dibilas dan dikeringudarkan. Setiap akuarium dilengkapi dengan lampu TL berdaya 24 watt yang dipasang di atas akuarium percobaan sebagai tambahan cahaya untuk mendukung pertumbuhan *Chlorella* sp.

*Persiapan media bioflok dan *Chlorella* sp.*

Media bioflok untuk larva ikan lele dipersiapkan terlebih dahulu selama tujuh hari pada akuarium yang telah diisi 22,5 L air sebelum pebaran larva ikan lele ke akuarium pemeliharaan. Untuk menumbuhkan bioflok pada media tersebut larva ikan lele ukuran 1-2 cm ditebar sebanyak 450 ekor di akuarium kemudian diberi pakan sebesar 10% biomassa dan dilakukan penambahan sumber karbon (molase) dengan estimasi nisbah C/N 10. Setelah tujuh hari dilakukan pengambilan media bioflok sebanyak 10% kemudian ditambahkan ke dalam akuarium perlakuan. Selama pemeliharaan, pemberian molase dilakukan dengan nisbah C/N 10 (Avnimelech 1999) setiap tiga hari sekali.

Chlorella sp. Dikultur di Laboratorium Pakan Alami Departemen Budidaya Perairan, Institut Pertanian Bogor dengan menggunakan media Walne (Lavens & Sorgeloos 1996). *Chlorella* sp. ditambahkan pada awal pemeliharaan dan setiap 5 hari sekali pada akuarium perlakuan *Chlorella* sebanyak 1 L dengan kepadatan inokulan rata-rata sekitar 2×10^7 sel mL⁻¹.

Pemeliharaan larva

Larva ikan lele berumur tiga hari setelah menetas dengan panjang rata-rata awal 7,18 mm dan bobot rata-rata awal 3 mg didistribusikan ke dalam masing-masing akuarium percobaan dengan kepadatan 20 ekor L⁻¹ dan dipelihara selama 15 hari. Setiap akuarium diberi pemanas (*Waterheater thermostat*) yang diatur untuk mendapatkan suhu air sekitar 28°C. Larva diberi pakan alami cacing sutera (*Tubifex* sp.) sebanyak 22% bobot biomassa (0,3 g) selama 2 hari dilanjutkan dengan pemberian pakan buatan dengan kadar protein 40%. Pakan diberikan dengan cara *at satiation* pada pukul 08.00, 12.00, 16.00 dan 20.00.

Parameter uji

Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah pertumbuhan panjang, laju pertumbuhan spesifik, faktor kondisi, koefisien keragaman, sintasan, aktivitas enzim, histologi usus, ukuran partikel flok, kualitas air dan uji stres menggunakan salinitas tinggi.

Pertumbuhan panjang dihitung dengan menggunakan rumus Effendie (2002):

$$\text{Pertumbuhan panjang} = \text{Panjang rata-rata akhir} - \text{Panjang rata-rata awal}$$

Laju pertumbuhan spesifik (*specific growth rate* SGR) dihitung menggunakan rumus Zonneveld *et al.* (1991):

$$\text{SGR} = \frac{\ln \text{ bobot akhir} - \ln \text{ bobot awal}}{\text{Lama pemeliharaan}} \times 100\%$$

Faktor kondisi dihitung dari hubungan antara bobot dan panjang ikan, dengan maksud melihat kondisi ikan. Perhitungan menggunakan rumus Ali *et al.* (2007):

$$K = \frac{\text{Bobot ikan}}{\text{Panjang ikan}^3} \times 100$$

Variasi ukuran dalam penelitian ini berupa variasi panjang ikan yang dinyatakan dalam koefisien keragaman (KK) yang dihitung menggunakan rumus Steel & Torrie (1993):

$$\text{KK} = \frac{\text{Simpangan baku panjang}}{\text{Rata-rata panjang}} \times 100$$

Tingkat sintasan adalah persentase dari jumlah ikan yang hidup pada setiap wadah diukur berdasarkan rumus Effendie (2002):

$$\text{Tingkat sintasan} = \frac{\text{Jumlah ikan akhir}}{\text{Jumlah ikan awal}} \times 100\%$$

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi aktivitas enzim pada larva ikan lele dan aktivitas enzim pada bioflok yang terdiri atas protease, amilase dan lipase. Pengamatan perkembangan aktivitas enzim pada larva ikan lele dilakukan pada awal dan akhir penelitian dan pengamatan aktivitas enzim pada bioflok dilakukan pada akhir penelitian. Aktivitas enzim protease diukur berdasarkan metode yang dilakukan oleh Bergmeyer & Grassi (1983), aktivitas enzim amilase diukur berdasarkan metode yang dilakukan oleh Worthington (1993) dan aktivitas enzim lipase diukur berdasarkan metode yang dilakukan oleh Borlongan (1990).

Pengamatan histologis yang bertujuan untuk melihat perkembangan organ pada larva ikan lele dilakukan pada akhir pemeliharaan. Sampel yang diambil berupa larva ikan lele secara utuh dan dilakukan pembedahan secara membujur. Sampel diambil pada pagi hari kemudian difiksasi dalam larutan *Normal Buffer*

Formalin (NBF) 10%. Selanjutnya dilakukan pembuatan preparat histologis dengan pewarnaan hematoxilin dan eosin (Angka *et al.* 1990).

Pengukuran partikel flok dilakukan dengan cara mengambil gambar hasil pengamatan menggunakan mikroskop pada pembesaran 100x, kemudian dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak komputer Image-J.

Jumlah sel *Chlorella* sp. yang telah didapati kemudian dihitung nilai kepadatan selnya dengan menggunakan persamaan Kwaroe *et al.* (2010) :

$$\text{Kepadatan sel} = \text{jumlah sel yang teramati} \times \frac{25}{5} \times 10^4$$

Parameter kualitas air diukur pada hari ke-1, 5, 10 dan 15. Parameter yang diamati adalah kandungan oksigen terlarut, pH, total amonia nitrogen (TAN), nitrit (NO₂), nitrat (NO₃), alkalinitas, dan TSS (*total suspended solid*).

Tingkat ketahanan larva diuji pada akhir pemeliharaan dengan memberi perlakuan Salinitas tinggi. Sebanyak 10 ekor larva uji dimasukkan ke dalam akuarium yang berisi air dengan salinitas 15 g L⁻¹ selama 1 jam. Setelah itu larva ikan lele dipindahkan ke dalam akuarium yang berisi air tawar. Tingkat sintasan larva ikan lele dihitung setelah larva ikan lele dipindahkan ke dalam air tawar selama 1 jam.

Analisis statistik

Data yang diperoleh dalam penelitian ditabulasi menggunakan perangkat lunak komputer Microsoft Excel 2010. Selanjutnya, data parameter pertumbuhan, keragaman panjang, sintasan, kondisi faktor, aktivitas enzim dan kesehatan larva dianalisis secara statistik dengan menggunakan analisa sidik ragam (ANOVA) dengan selang kepercayaan 95%. Jika hasil yang diperoleh berbeda nyata (P<0,05), dilakukan uji

perbandingan berganda dengan Uji Duncan menggunakan perangkat lunak komputer SPSS 16. Data kualitas air, ukuran flock, dan histologi saluran pencernaan larva dianalisis secara deskriptif.

Hasil

Kinerja pertumbuhan

Kinerja pertumbuhan larva ikan lele selama pemeliharaan 15 hari dapat dilihat pada Tabel 1. Pada akhir penelitian tingkat sintasan larva ikan lele pada perlakuan BFC lebih tinggi ($P < 0,05$) daripada perlakuan K dan BF. Bobot akhir larva ikan lele antarperlakuan tidak berbeda nyata ($P > 0,05$), sedangkan pertumbuhan panjang larva

ikan lele pada perlakuan BF dan BFC lebih tinggi ($P < 0,05$) daripada perlakuan K. Koefisien keragaman panjang larva ikan lele pada perlakuan BFC berbeda nyata ($P < 0,05$) dari perlakuan K dan BF. Laju pertumbuhan spesifik (SGR) dan faktor kondisi (CF) antar perlakuan tidak berbeda nyata ($P > 0,05$).

Kinerja sistem pencernaan

Aktivitas enzim pencernaan larva ikan lele yang diambil pada awal (hari ke-3) dan akhir (hari ke-15) pemeliharaan dapat dilihat pada Tabel 2. Aktivitas enzim pencernaan cenderung menurun pada hari ke-15, namun tidak terlihat perbedaan nyata antarperlakuan ($P > 0,05$).

Tabel 1 Kinerja pertumbuhan larva ikan lele yang dipelihara dalam sistem kontrol (K), bioflok (BF) dan bioflok (+) *Chlorella* sp. (BFC) setelah 15 hari masa pemeliharaan

Pengamatan	K	BF	BFC
Tingkat sintasan (%)	45 ± 0,52 ^a	45 ± 0,15 ^a	51 ± 0,32 ^b
Panjang akhir (mm)	11,46 ± 0,20 ^a	12,02 ± 0,18 ^b	11,98 ± 0,13 ^b
Bobot akhir (mg)	11 ± 0,00 ^a	12 ± 0,00 ^a	12 ± 0,00 ^a
Pertumbuhan panjang mutlak (mm)	4,29 ± 0,20 ^a	4,84 ± 0,26 ^a	4,80 ± 0,20 ^a
Koefisien keragaman (%)	11,64 ± 1,36 ^a	9,99 ± 0,14 ^a	6,76 ± 0,65 ^b
Laju pertumbuhan spesifik(%/hari)	9,64 ± 0,14 ^a	10,03 ± 0,13 ^a	9,89 ± 0,26 ^a
Faktor kondisi (k)	0,7 ± 0,21 ^a	0,7 ± 0,34 ^a	0,7 ± 0,01 ^a

Keterangan: Huruf tika atas yang berbeda di belakang nilai rata-rata ± simpangan baku pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$).

Tabel 2 Aktivitas enzim pencernaan larva ikan lele yang dipelihara dalam sistem kontrol (K), bioflok (BF) dan bioflok (+) *Chlorella* sp. (BFC) pada hari ke-3 dan ke-15

Parameter	Aktivitas enzim pada hari ke-3	Aktivitas enzim pada hari ke-15		
		K	BF	BFC
Protease (IU/mL)	0,025	0,018 ± 0,001 ^a	0,021 ± 0,001 ^a	0,019 ± 0,001 ^a
Amilase (IU/mL)	7,05	4,24 ± 0,37 ^a	4,28 ± 0,44 ^a	4,27 ± 0,37 ^a
Lipase (IU/mL)	0,091	0,077 ± 0,002 ^a	0,087 ± 0,005 ^a	0,080 ± 0,002 ^a

Keterangan: Huruf tika atas yang berbeda di belakang nilai rata-rata ± simpangan baku pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P > 0,05$).

Pengamatan histologi usus larva ikan lele (Gambar 1) pada umur 15 hari menunjukkan bahwa panjang vili usus larva ikan lele yang dipelihara dengan perlakuan BF sebesar 136 μm , lebih tinggi daripada larva pada perlakuan BFC yang mencapai 121 μm dan perlakuan K yang sebesar 105 μm .

Kualitas bioflok

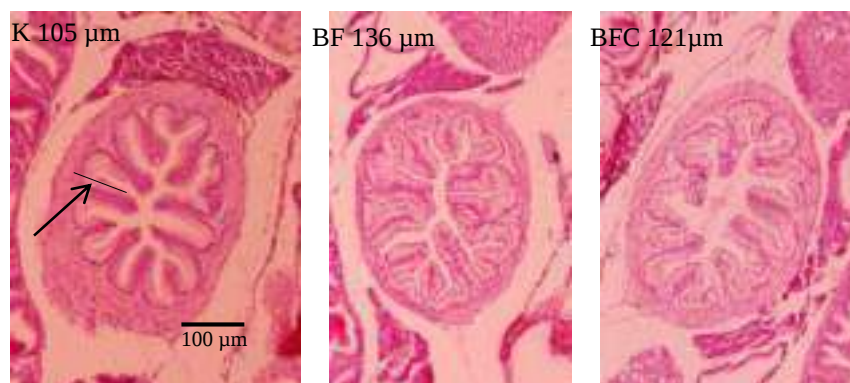
Hasil pengukuran aktivitas enzim pada bioflok yang dikumpulkan dari setiap akuarium percobaan dapat dilihat pada Tabel 3. Aktivitas enzim protease dan lipase bioflok pada perlakuan BF dan BFC relatif sama, sedangkan aktivitas enzim amilase perlakuan BF lebih tinggi daripada perlakuan BFC. Ukuran partikel bioflok pada perlakuan BF lebih kecil daripada perlakuan BFC.

Parameter kualitas air

Parameter kualitas air suhu, pH, oksigen terlarut, TAN, nitrat, nitrit, dan alkalinitas yang diamati pada penelitian ini ditunjukkan dalam Tabel 4. Nilai parameter kualitas air antarperlakuan tersebut secara umum relatif sama.

Uji ketahanan larva

Tingkat ketahanan larva ikan lele setelah uji stres menggunakan salinitas 15 gL^{-1} menunjukkan bahwa tingkat sintasan larva ikan lele yang dipelihara pada perlakuan K tidak berbeda nyata ($P>0,05$) dari perlakuan BF dan tingkat sintasan larva ikan lele perlakuan BFC lebih tinggi ($P<0,05$) daripada perlakuan K dan BF (Gambar 2).



Gambar 1 Histologi usus bagian medial larva ikan lele yang dipelihara dengan perlakuan kontrol (K), bioflok (BF) dan bioflok(+) *Chlorella* sp. (BFC) pada hari ke 15. Tanda panah menunjukkan gambar vili usus.

Tabel 3 Aktivitas enzim dan ukuran partikel bioflok pada perlakuan bioflok (BF) dan bioflok (+) *Chlorella* sp. (BFC)

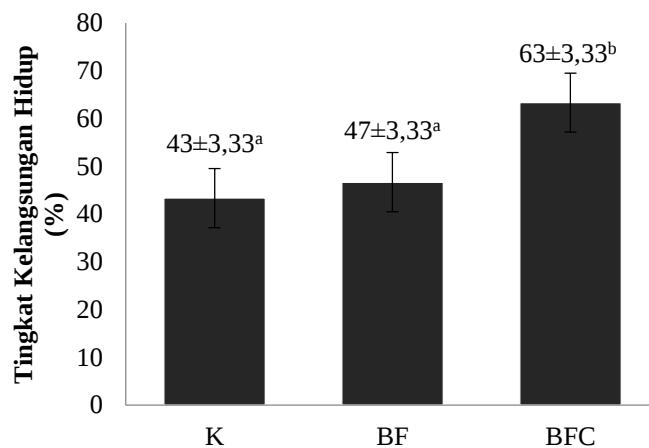
Parameter	Aktivitas enzim pada flok	
	BF	BFC
Protease (IU/mL)	0,010	0,012
Amilase (IU/mL)	0,38	0,22
Lipase (IU/mL)	0,056	0,059
Ukuran partikel (mm)	0,44 $\pm$ 0,03	0,79 $\pm$ 0,05

Keterangan : Huruf tika atas yang berbeda di belakang nilai rata-rata $\pm$ simpangan baku pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P>0,05$). Pengukuran partikel flok menggunakan pembesaran 100x.

Tabel 4 Kisaran parameter kualitas air pada pemeliharaan larva ikan lele selama 15 hari masa pemeliharaan pada perlakuan kontrol (K), bioflok (BF) dan bioflok(+) *Chlorella* sp. (BFC)

Parameter	Perlakuan		
	K	BF	BFC
Suhu (°C)	28 - 29	28 - 30	28 - 30
Oksigen terlarut (mg L ⁻¹)	6,2 - 7,9	6,2 - 7,7	6,2 - 7,7
pH	7,7 - 8,2	7,7 - 8,2	7,7 - 8,3
Nitrit (mg L ⁻¹)	0,1 - 1,4	0,08 - 1,3	0,1 - 1,4
Nitrat (mg L ⁻¹)	0,9 - 1,3	1,1 - 1,4	1,0 - 1,6
TAN (mg L ⁻¹)	0,1 - 0,5	0,1 - 0,4	0,2 - 0,4
Alkalinitas (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	28 - 48	36 - 48	40 - 48
TSS (mg L ⁻¹)	3,50- 14,86	6,40-28,80	9,60-32,80

Keterangan: Nilai yang tertera merupakan angka terendah dan tertinggi selama pemeliharaan, TAN= total amonia nitrogen, dan TSS=total suspended solid.

Gambar 2 Tingkat sintasan larva ikan lele setelah diuji stres menggunakan salinitas 15 g L⁻¹ pada media kontrol (K), Bioflok (BF), dan Bioflok+*Chlorella* sp. (BFC).

Pembahasan

Pertumbuhan panjang larva ikan lele pada perlakuan media BF dan BFC menunjukkan hasil yang berbeda nyata dari perlakuan K. Hasil ini menunjukkan bahwa larva memanfaatkan bioflok selama pemeliharaan. Penelitian Ekasari *et al.* (2015) menunjukkan bahwa bioflok dapat meningkatkan pertumbuhan dan meningkatkan sintasan larva ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Penggunaan bioflok pada pemeliharaan benih udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*) juga dapat meningkatkan pertumbuhan (Widanarni *et*

al. 2010). Bioflok adalah sumber pakan alami yang kaya protein dan lipid serta selalu tersedia dalam media budidaya (Avnimelech 2007). Pemeliharaan larva ikan lele pada media bioflok yang ditambah *Chlorella* sp. memberikan tingkat sintasan dan keseragaman ukuran ikan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol dan bioflok tanpa *Chlorella* sp. Nilai koefisien keseragaman yang rendah pada media BFC dibandingkan dengan media K dan BF menjelaskan bahwa ukuran larva ikan pada media BFC mempunyai keseragaman yang sama

sehingga tingkat kanibalisme pada media BFC rendah dan tingkat sintasan pada media BFC menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Hal ini diduga karena bioflok yang mengandung mikroalga lebih baik dibandingkan dengan bioflok yang didominasi oleh bakteri (Ju *et al.* 2008). *Chlorella* sp. kaya akan protein, asam amino esensial, vitamin, mineral (kalium, natrium, magnesium, besi, dan kalsium), lipid, β -karoten, klorofil, serta zat-zat yang mendukung untuk kesehatan (Wijffels & Barbosa 2010, Bauer *et al.* 2017).

Partikel flok dengan media bioflok ditambah *Chlorella* sp. memiliki ukuran yang lebih besar daripada perlakuan BF. Ukuran partikel bioflok memengaruhi nilai nutrisi yang terdapat pada flok dan aksesibilitas partikel bioflok untuk dikonsumsi oleh larva ikan (Ekasari *et al.* 2014). Hasil penelitian aktivitas enzim eksogenus terutama amilase pada bioflok dari perlakuan BF menunjukkan lebih tinggi daripada bioflok pada perlakuan BFC, hasil ini diduga karena komposisi yang berbeda dari bioflok pada perlakuan BF dan BFC. Aktivitas enzim pencernaan endogenus pada larva ikan lele menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan K dan ukuran panjang vili pada usus larva ikan lele pada perlakuan BF dan BFC menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan K. Perkembangan usus pada ikan dipengaruhi oleh suhu, oksigen terlarut, pH, energi yang diserap oleh tubuh dari pakan dan ketersediaan pakan (Smith 1982) sehingga penggunaan media bioflok dan penambahan *Chlorella* sp. pada penelitian ini memberikan ukuran panjang vili yang tinggi pada usus larva ikan lele dibandingkan dengan media kontrol. Hal ini mengindikasikan bahwa penyerapan nutrisi

pada perlakuan BF dan BFC lebih optimal dibandingkan dengan perlakuan K.

Kontribusi bioflok pada perlakuan BFC juga terlihat pada ketahanan larva ikan lele. Ketahanan larva ikan lele terhadap stres salinitas menunjukkan bahwa perlakuan BFC memiliki nilai tingkat sintasan yang tertinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa larva ikan lele yang dipelihara pada sistem bioflok dengan penambahan *Chlorella* sp. lebih tahan terhadap stres salinitas daripada perlakuan yang lain. *Chlorella* sp. diketahui juga dapat meningkatkan sistem imun, mempertahankan homeostasis terhadap rangsangan stres dari luar dan menghambat peningkatan kadar kortikosteroid dalam darah (Hasegawa *et al.* 2000). *Chlorella vulgaris* adalah mikroalga kaya akan senyawa bioaktif termasuk karoten, astaxanthin, lutein dan fucoxanthin; selain itu *Chlorella vulgaris* juga mengandung *Eicosa-pentaenoic acid* (EPA) dan *Docosahexaenoic acid* (DHA) (Aizzat *et al.* 2010) sehingga *Chlorella* sp. dapat berkontribusi pada peningkatan kapasitas antioksidan yang diperlukan ketika ikan menghadapi stres.

Hasil pengamatan parameter kualitas air menunjukkan bahwa kualitas air masih berada dalam batas toleransi untuk pemeliharaan larva ikan lele ((Gunadi 2012). Penerapan teknologi bioflok pada pemeliharaan larva ikan lele menunjukkan kualitas air yang relatif sama dengan media kontrol dengan penggantian air. Menurut Hargreaves (2006) bakteri heterotrof dalam sistem bioflok dapat mengonversi amonia jauh lebih cepat daripada bakteri nitrifikasi sehingga dapat meminimalkan akumulasi limbah nitrogen dalam media pemeliharaan ikan. Penambahan *Chlorella* sp. pada penelitian, berperan juga

sebagai agen bioremediasi (Niczyporuk *et al.* 2012) sehingga dapat menjaga kualitas air dalam pemeliharaan larva ikan lele.

Simpulan

Larva ikan lele yang dipelihara dalam sistem bioflok dan bioflok yang ditambah dengan *Chlorella* sp. memiliki vili yang lebih panjang, sehingga menghasilkan kinerja pertumbuhan yang lebih tinggi daripada kontrol. Ketahanan larva terhadap stres salinitas pada perlakuan bioflok yang ditambah *Chlorella* sp. lebih tinggi daripada perlakuan kontrol dan perlakuan bioflok tanpa penambahan *Chlorella* sp.

Daftar pustaka

- Aizzat O, Yap SW, Sopiah H, Madiha MM, Hazreen M, Shailah A, Wan Junizam WY, Nur SA, Srijit D, Musalmah M, Yasmin AMY. 2010. Modulation of oxidative stress by *Chlorella vulgaris* in streptozotocin (STZ) induced diabetic Sprague-Dawley rats. *Advances in Medical Sciences*, 55(2): 281-288
- Ali A. Al-Ogaly SM, Asghar NA, Goddard JS, Ahmed SI. 2007. Effect of feeding different protein to energy (P/E) ratios on the growth performance and body composition of *Oreochromis niloticus* fingerlings. *Journal of Applied Ichthyology*. 24(1): 31- 37.
- Angka SL, Mokoginta I, Hamid H. 1990. *Anatomi dan histologi banding beberapa ikan air tawar yang dibudidayakan di Indonesia*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi. Institut Pertanian Bogor. 212 hlm.
- Avnimelech Y. 1999. Carbon nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176(3): 227–235.
- Avnimelech Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. *Aquaculture*. 264(1): 140–147.
- Bakar NSA, Nasir NM, Lananan F, Hamid SHA, Lam SS, Jusoh A. 2015. Optimization of C/N ratios for nutrient removal in aquaculture system culturing African catfish, (*Clarias gariepinus*) utilizing Bioflocs Technology. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 102: 100-106.
- Bauer LM, Costa JAV, da Rosa APC, Santos LO. 2017. Growth stimulation and synthesis of lipids, pigments and antioxidants with magnetic fields in *Chlorella kessleri* cultivations. *Bioresource Technology*, 244(2): 1425–1432.
- Bergmeyer HU, Grassi M. 1983. *Methods of Enzymatic Analysis Vol. 2*. Verlag Chemie. Berlin .
- Borlongan LG. 1990. Studies on the digestive lipases of milkfish, *Chanos chanos*. *Aquaculture*, 89(3): 315-325.
- [DJPB] Direktorat Jendral Perikanan Budidaya. 2018. Subsektor perikanan budidaya sepanjang tahun 2017 menunjukkan kinerja positif. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Tersedia dalam <https://kkp.go.id/djpb/artikel/3113-subsektor-perikanan-budidaya-sepanjang-tahun-2017-menunjukkan-kinerja-positif>
- Ebeling JM, Timmons MB, Bisogni JJ. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture system. *Aquaculture*. 257(1): 346-358.
- Effendie MI. 2002. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara, Yogyakarta. 163 p.
- Ekasari J. 2009. Teknologi bioflok: teori dan aplikasi dalam perikanan budidaya sistem intensif. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 8(2): 117-126.
- Ekasari J, Angela D, Waluyo SH, Bachtiar T, Surawidjaja EH, De Schryver P. 2014a. The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. *Aquaculture*, 426: 105-111.
- Ekasari J, Azhar MH, Surawidjaja EH., Nuryati S, De Schryver P., Bossier P, 2014b. Immune response and disease resistance of shrimp fed biofloc grown on different carbon sources. *Fish & Shellfish Immunology*, 41(2): 332–339.

- Ekasari J, Rivandi DR, Firdausi AP, Surawidjaja EH, Zairin JrM, Bossier P, De Schryver P. 2015. Biofloc technology positively affects Nile tilapia *Oreochromis niloticus* larvae performance. *Aquaculture*, 441: 72–77.
- Gao F, Liao S, Liu S, Bai H, Wang A, Ye J. 2019. The combination use of *Candida tropicalis* HH8 and *Pseudomonas stutzeri* LZX301 on nitrogen removal, biofloc formation and microbial communities in aquaculture. *Aquaculture*, 500: 50-56
- Gunadi B. 2012. Minimalisasi limbah nitrogen dalam budidaya ikan lele *Clarias gariepinus* dengan sistem akuakultur berbasis jenjang rantai makanan. *Disertasi*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Hargreaves JA. 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 34(3): 344–363.
- Hasegawa T, Noda K, Kumamoto S, Ando Y, Yamada Akira, Yoshikai Y. 2000. *Chlorella vulgaris* culture supernatant (CVS) reduces psychological stress-induced apoptosis in thymocytes of mice. *International Journal of Immunopharmacology*, 22(11): 877-885.
- Ju ZY, Forster I, Conques L, Dominy W, Kuo WC, Horgen FD. 2008. Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. *Aquaculture Research* 39(2): 118-133.
- Kawaroe M, Prartono T, Sunuddin A, Sari DW, Augustine D. 2010. *Mikroalga: Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar*. IPB Press. Bogor
- Lavens P, Sorgeloos P. 1996. Manual on the production and use of live food for aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper. No 361: 295 p.
- Niczyporuk AP, Bajguz A, Zambrzycka E, Żyłkiewicz GB. 2012. Phytohormones as regulators of heavy metal biosorption and toxicity in green alga *Chlorella vulgaris* (Chlorophyceae). *Plant Physiology and Biochemistry*, 52: 52-65
- Rollo A, Sulpizio R, Nardi M, Silvi S, Orpianesi C, Caggiano M, Cresci A, Carnevali O. 2006. Live microbial feed supplement in aquaculture for improvement of stress tolerance. *Fish Physiology and Biochemistry*, 32: 167–177.
- Smith LS. 1982. *Introduction to Fish Physiology*. T.F.H Publication. 350 p.
- Steel RGD, Torrie JH. 1993. *Prinsip dan Prosedur Statistika: Suatu Pendekatan Biometrik. Edisi Kedua*. Diterjemahkan oleh Bambang Sumantri.. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Widanarni, Yuniasari D, Sukenda, Ekasari J. 2010. Nursery culture performance of *Litopenaeus vannamei* with probiotics addition and different c/n ratio under laboratory condition. *HAYATI Journal of Biosciences*, 17(3): 115-119.
- Wijffels RH, Barbosa MJ. 2010. An outlook on microalgal biofuels. *Science*, 329: 796–799.
- Worthington V. 1993. *Worthington Enzyme Manual. Enzymes and Related Biochemicals* Worthington Chemical. New Jersey. US. 399 p.
- Zonneveld N, Huisman EA, Boon JH. 1991. *Prinsip-prinsip Budidaya Ikan*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 318 hlm.

Persantunan

Kami berterima kasih kepada para mitra bestari yang telah berkenan meluangkan waktu serta mencurahkan tenaga dan pikiran untuk menelaah dan menilai kelayakan artikel yang diterbitkan pada *Jurnal Iktiologi Indonesia* Volume 20 Nomor 3 Bulan Oktober Tahun 2020, yaitu:

Adi Sucipto, S.Pi., M.Si. (Balai Budidaya Air Tawar Sukabumi)
Dr. Agus Nuryanto (Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman)
Ir. Anang Hari Kristanto, MSc, PhD (Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar dan Penyuluhan Perikanan)
Bambang Iswanto, M.Si. (Balai Riset Pemuliaan Ikan, Sukamandi)
Djamhuriyah S. Said, MSi (Pusat Penelitian Limnologi – LIPI)
Dr. Estu Nugroho (Balai Riset Budidaya Air Tawar dan Penyuluhan Perikanan)
Prof. Dr. Muchlisin Z.A (Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Syiah Kuala)
Dr. Muhaimin Hamzah (Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Halu Oleo)
Prof. Dr. Muh. Yusri Karim (Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin)
Dr. Nina Meilisza (Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Ikan Hias)
Prawira A.R.P. Tampubolon, MSi (Loka Penelitian Perikanan Tuna)
Prof. Ir. Purnama Sukardi, Ph.D. (Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Jenderal Soedirman)
Prof. Dr. Sharifuddin bin Andy Omar (Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin)
Dr. Tedjo Sukmono (Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi)
Dr. Untung Susilo (Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman)

Indeks penulis

Abinawanto	205	Muhammad Agus Suprayudi	59
Abdul Gani	93	Muh. Herjayanto	93
Ade Sunarma	155	Muhammad Nur	189, 263
Adiara Firdhita Alam Nasyrah	171	Muhammad Radhi	235
Agung Yunanto	1	Muliari	235
Ahmad Teduh	47	Muslich Hidayat	235
Alfis Syahril	13	Monica Bataona	73
Annisa Misykah Mauliddina	93	M. Zairin Junior	297
Anom Bowolaksono	205	Nikmahtulhaniah Ayu Wulandari	217
Charles P.H Simanjuntak	81, 171, 189, 263	Nova Hariani	217
Dara Sarasita	1	Novita Rahmayanti	93
Dedi Jusadi	59, 105, 155	Novitasari Irianingrum	93
Defri Yona	1	Nugroho Agung Prasetyo	93
Dinar Tri Soelistyowati	13, 47	Odang Carman	13, 47
Djumanto	189, 251, 263	Otie Dylan Subhakti Hasan	133
Eddy Supriyono	117, 281	Rachmad Sholeh Wicaksono	73
Eka Ayu Afriyanti	133	Retno Lestari	205
Eko Harianto	117	Ridwan Affandi	117
Etin Nurkhotimah	93	Rina Hirnawati	59
Esa Rama Widiyawan	93	Ronal Kurniawan	143
Fahmi	23	Sadza Maulidyasari	251
Harton Arfah	47	Sarah	217
Henni Syawal	143	Selvia Oktaviyani	23
Ichsan Ahmad Fauzi	155	Siti Z Musthofa	205
Iin Siti Djunaidah	133, 271	Sujaka Nugraha	297
Ilham Zulfahmi	235	Sujono	271
I Nyoman Y. Parawangsa	81	Tatag Budiardi,	117
Irwan Effendi	143	Teguh Peristiwady	73
Julie Ekasari	59, 297	Thoy Batun Citra Rahmadani	105
Jusmaldi	217	Ucu Cahyadi	155
Krismono	189, 263	Vianka Nafisa Salsabila	93
Kukuh Nirmala	281	Wanwan Kurniawan	23
Kunto Wibowo	73	Widanarni	297
Lukman Anugrah Agung	93	Wijianto	281
Mas Bayu Syamsunarno	93	Yani Hadiroseyani	117
Medi Hendra	217	Yuke Eliyani	271
M. Fadjar Rahardjo	81, 171, 189, 263	Yuni Puji Hastuti	105, 281
Mia Setiawati	105	Yusrizal Akmal	235
Miftahul Huda	73		

Indeks subjek

<i>Azolla microphylla</i>	133	<i>Tor tambra</i>	235
Danau Tamblingan	81	<i>Tor tambroides</i>	235
Bioflok	297	kunyit (<i>Curcuma longa</i>)	105
ikan		Laut Maluku	73
ekor pedang, <i>Xiphophorus hellerii</i>	81	Laut Sawu	73
beseng-beseng, <i>Marosatherina ladigesii</i>	171	Maros	263
botia <i>Chromobotia macracanthus</i>	59, 205	meristik	189
brushmouth <i>Hypostomus plecostomus</i>	47	mikroplastik	1
buntal laut dalam <i>Triodon macropterus</i>	73	morfometrik	189
gurami <i>Osphronemus gouramy</i>	133	pertumbuhan	105, 143, 155
ikan <i>Oryzias javanicus</i>	93	Rawa Pening	251
lele <i>Clarias gariepinus</i>	105, 155, 297	reproduksi	81, 171, 217
nilem, <i>Osteochilus vittatus</i>	217, 251	Selat Bali	1
patin <i>P. hypophthalmus</i>	13, 143, 271	tulang belakang	235
pirik, <i>Lagusia micracanthus</i>	189, 263	Waduk Benanga	217
<i>Puntigrus tetrazona</i>	281	Warna ikan	281
sidat <i>Anguilla bicolor bicolor</i>	117	yuwana	59, 271

Volume 20

Dara Sarasita, Agung Yunanto, Defri Yona Kandungan mikroplastik pada empat jenis ikan ekonomis penting di perairan Selat Bali [Microplastics abundance in four different species of commercial fishes in Bali Strait]	1
Alfis Syahril, Odang Carman, Dinar Tri Soelistyowati Tetraploidisasi kejut suhu dingin pada ikan patin siam <i>Pangasianodon hypophthalmus</i> (Sauvage, 1878) dengan suhu dan umur zigot yang berbeda [Cold temperature shock tetraploidization of striped catfish <i>Pangasianodon hypophthalmus</i> (Sauvage, 1878) with different of temperature and age of zygote].	13
Selvia Oktaviyani, Wanwan Kurniawan, Fahmi Komposisi spesies dan distribusi ukuran hiu dan pari yang tertangkap di Selat Bali dan perairan sekitarnya serta kaitannya dengan pengelolaan perikanan) [Species composition and size distribution of sharks and rays caught in Bali Strait and its surrounding area and its relation to fisheries management)]	23
Ahmad Teduh, Dinar Tri Soelistyowati, Odang Carman, Harton Arfah Produksi albino <i>slayer</i> melalui kombinasi persilangan pada ikan hias <i>brushmouth</i> (<i>Hypostomus plecostomus</i> , Linnaeus 1758) [Production of albino <i>slayer</i> through a combination of crossing in brushmouth (<i>Hypostomus plecostomus</i> , Linnaeus 1758) ornamental fish]	47
Rina Hirnawati, Dedi Jusadi, Julie Ekasari, Muhammad Agus Suprayudi Evaluasi kualitas warna dan aktivitas antioksidan yuwana ikan botia <i>Chromobotia macracanthus</i> Bleeker 1852 dengan penambahan astaksantin dalam pakan [Color quality and antioxidant activity evaluation of clown loach juvenile, <i>Chromobotia macracanthus</i> Bleeker 1852 by addition of astaxanthin in diet]	59
Kunto Wibowo, Miftahul Huda, Rachmad Sholeh Wicaksono, Monica Bataona, Teguh Peristiwady Catatan distribusi ikan buntal laut dalam langka <i>Triodon macropterus</i> (Tetraodontiformes: Triodontidae) dari Laut Maluku dan Laut Sawu [Records of the rare deep-sea threetooth puffer fish, <i>Triodon macropterus</i> (Tetraodontiformes: Triodontidae) from Molucca and Sawu seas, Indonesia].	73
I Nyoman Y. Parawangsa, M. Fadjar Rahardjo, Charles P. H. Simanjuntak Aspek reproduksi ikan ekor pedang, <i>Xiphophorus hellerii</i> Heckel 1848 di Danau Tamblingan, Bali [Reproduction aspect of green swordtail, <i>Xiphophorus hellerii</i> Heckel 1848 in Tamblingan Lake, Bali]	81
Muh. Herjayanto, Mas Bayu Syamsunarno, Nugroho Agung Prasetyo, Annisa Misykah Mauliddina, et al. Studi awal pengangkutan sistem tertutup, pemeliharaan dan pengamatan telur <i>Oryzias javanicus</i> (Bleeker 1854) asal Pulau Tunda [Preliminary study of closed system transportation, rearing and observation of the eggs <i>Oryzias javanicus</i> (Bleeker 1854) from Tunda Island]	93
Thoy Batun Citra Rahmadani, Dedi Jusadi, Mia Setiawati, Yuni Puji Hastuti Evaluasi penambahan kunyit (<i>Curcuma longa</i>) dalam pakan sebagai antioksidan terhadap kinerja pertumbuhan ikan lele <i>Clarias gariepinus</i> Burchell 1822 yang dibudidaya tanpa pergantian air [The evaluation of turmeric (<i>Curcuma longa</i>) supplementation within feed as an antioxidant towards growth performance of catfish <i>Clarias gariepinus</i> Burchell 1822 in zero water exchange condition]	105
Eko Harianto, Eddy Supriyono, Tatag Budiardi, Ridwan Affandi, Yani Hadiroseyani Kinerja produksi dan respons fisiologis elver ikan sidat <i>Anguilla bicolor bicolor</i> McClelland, 1844 yang dipelihara dengan sistem basah, lembap, dan kering [Production performance and physiology response of <i>Anguilla bicolor bicolor</i> rearing with a wet, damp and dry system]	117
Eka Ayu Afriyanti, Otie Dylan Subhakti Hasan, Iin Siti Djunaidah Kinerja pertumbuhan ikan gurami <i>Osphronemus gouramy</i> Lacepède, 1801 yang diberi pakan kombinasi tepung ikan dan tepung azolla (<i>Azolla microphylla</i>) [Growth performance of giant gourami (<i>Osphronemus gouramy</i>) fed with combination of fish meal and azolla flour (<i>Azolla microphylla</i>)]	133
Henni Syawal, Irwan Effendi, Ronal Kurniawan Pengaruh pemberian suplemen herbal dan padat tebar berbeda terhadap laju pertumbuhan ikan jambal siam <i>Pangasianodon hypophthalmus</i> (Sauvage, 1878) [The effect of herbal supplement feeding and different stocking density on the growth rate of striped catfish, <i>Pangasianodon hypophthalmus</i> (Sauvage, 1878)]	143

Ucu Cahyadi, Dedi Jusadi, Ichsan Ahmad Fauzi, Ade Sunarma Peran penambahan enzim pada pakan buatan terhadap pertumbuhan larva ikan lele afrika <i>Clarias gariepinus</i> Burchell, 1822 [Supplemental enzyme in artificial diets for north african catfish larvae <i>Clarias gariepinus</i> Burchell, 1822] . .	155
Adiara Firdhita Alam Nasyrah, M. Fadjar Rahardjo, Charles P.H. Simanjuntak Reproduksi ikan beseng-beseng, <i>Marosatherina ladiges</i> Ahl, 1936 di Sungai Pattunuang dan Sungai Batu Puteh, Sulawesi Selatan [Reproduction of Celebes rainbowfish, <i>Marosatherina ladiges</i> Ahl, 1936 in Pattunuang and Batu Puteh Rivers, South Sulawesi]	171
Muhammad Nur, M. Fadjar Rahardjo, Charles P.H. Simanjuntak, Djumanto, Krismono Morphometric and meristic characteristics of an endemic Pirik Fish <i>Lagusia micracanthus</i> Bleeker, 1860 in the rivers of Maros and Wallanae Cenrana Watersheds [Karakteristik morfometrik dan meristik ikan endemik pirik, <i>Lagusia micracanthus</i> Bleeker, 1860 pada sungai-sungai di Daerah Aliran Sungai (DAS) Maros dan DAS Wallanae Cenrana]	189
Abinawanto Abinawanto, Siti Z Musthofa, Retno Lestari, Anom Bowolaksono Pengaruh larutan madu sebagai krioprotektan alami terhadap kualitas sperma ikan botia (<i>Chromobotia macracanthus</i> Bleeker 1852) [The honey solution effect as a natural cryoprotectant on sperm quality of botia, <i>Chromobotia macracanthus</i> Bleeker 1852]	205
Jusmaldi, Nova Hariani, Medi Hendra, Nikmahtulhaniah Ayu Wulandari, Sarah Beberapa aspek biologi reproduksi ikan nilem, <i>Osteochilus vittatus</i> Valenciennes, 1842) di perairan Waduk Benanga, Kalimantan Timur [Some reproductive biology aspects of bonylip barb (<i>Osteochilus vittatus</i> Valenciennes, 1842) in the waters of Benanga Reservoir, East Kalimantan]	217
Ilham Zulfahmi, Yusrizal Akmal, Muhammad Radhi, Muslich Hidayat, Muliari Osteologi komparatif tulang belakang <i>Tor tambroides</i> (Bleeker, 1854) dan <i>Tor tambra</i> (Valenciennes 1842) [Comparative osteology of <i>Tor tambroides</i> (Bleeker, 1854) and <i>Tor tambra</i> (Valenciennes 1842) vertebral column (<i>ossa vertebrae</i>)]	235
Sadza Maulidyasari, Djumanto Biological parameters of Bonylip barb (<i>Osteochilus vittatus</i> Valenciennes, 1842) in Lake Rawa Pening Semarang Regency [Parameter biologis ikan nilem (<i>Osteochilus vittatus</i> Valenciennes, 1842) di Danau Rawa Pening Kabupaten Semarang]	251
Muhammad Nur, M. Fadjar Rahardjo, Charles P.H. Simanjuntak, Djumanto, Krismono Length-weight relationship and condition factor of an endemic <i>Lagusia micracanthus</i> Bleeker, 1860 in Rivers of Maros Watershed [Hubungan panjang bobot ikan endemik, <i>Lagusia micracanthus</i> Bleeker, 1860 pada Sungai-Sungai di Daerah Aliran Sungai Maros]	263
Yuke Eliyani, Iin Siti Djunaidah, Sujono Pertumbuhan dan sintasan yuwana ikan patin, <i>Pangasianodon hypophthalmus</i> (Sauvage, 1878) yang dipelihara pada berbagai sistem resirkulasi [Growth performance and survival rate of catfish (<i>Pangasianodon hypophthalmus</i>) juvenile which is reared in recirculation system].	271
Wijianto, Kukuh Nirmala, Yuni Puji Hastuti, Eddy Supriyono Kualitas warna ikan Sumatra <i>Puntigrus tetrazona</i> (Bleeker, 1855) pada paparan spektrum cahaya yang berbeda [The color quality of Sumatra barb <i>Puntigrus tetrazona</i> (Bleeker, 1855) in different light spectrum exposure]	281
Sujaka Nugraha, Julie Ekasari, M Zairin Junior, Widanarni Kinerja sistem pencernaan dan pertumbuhan larva ikan lele <i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822) yang dipelihara pada sistem bioflok dengan penambahan <i>Chlorella</i> sp [Digestive system and growth performance of African catfish larvae <i>Clarias gariepinus</i> , (Burchell, 1822) maintained with biofloc technology with the addition of <i>Chlorella</i> sp.]	297

PANDUAN bagi PENULIS

Jurnal Iktiologi Indonesia (JII) menyajikan artikel yang berkenaan dengan segala aspek kehidupan ikan (Pisces) di perairan tawar, payau, dan laut. Aspek yang dicakup antara lain biologi, fisiologi, taksonomi dan sistematika, genetika, dan ekologi, serta terapannya dalam bidang penangkapan, akuakultur, pengelolaan perikanan, dan konservasi. Artikel yang dimuat merupakan hasil lengkap suatu penelitian.

JII mengundang kepada siapapun untuk menulis resensi buku yang berkaitan dengan aspek-aspek tersebut di atas dan mempublikasikan. Ulas balik (*review*) suatu topik yang dipandang penting dan aktual ditulis seorang pakar atas permintaan dewan penyunting. Komentar dan atau tanggapan atas suatu artikel yang dimuat disediakan ruang.

JII diterbitkan tiga kali setahun (Februari, Juni, dan Oktober). Pada nomor terakhir tiap volume dimuat daftar isi, indeks penulis, dan indeks subyek.

Artikel dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris. Artikel belum pernah diterbitkan pada media manapun. Dewan Penyunting akan menerima atau menolak artikel berdasarkan kesesuaian materi dengan ruang lingkup JII, dan meringkas atau menyunting artikel bila diperlukan untuk menyesuaikan dengan halaman yang tersedia tanpa mengaburkan substansi. Opini yang tertuang dalam tulisan artikel tidak menggambarkan kebijakan penyunting.

Untuk semua keperluan, penulis pertama dianggap sebagai penulis korespondensi artikel, kecuali ada keterangan lain. Penulis, yang artikelnya disetujui untuk diterbitkan, bersedia mengalihkan hak cipta naskah kepada penerbit (*Masyarakat Iktiologi Indonesia*). Cetakan awal akan dikirimkan kepada penulis korespondensi untuk mendapatkan tanggapan. Tanggapan penulis dan surat persetujuan pengalihan hak cipta segera dikirim ke penyunting dalam waktu satu minggu.

Dalam hal penemuan baru, disarankan kepada penulis untuk mengurus hak patennya sebelum mempublikasikan dalam jurnal ini.

Pengajuan naskah

Pengajuan naskah dapat dilakukan kapan pun dengan mengirimkan satu salinan lunak

(*soft copy*) kepada dewan penyunting JII melalui laman:

jurnal-iktiologi.org

dan melalui surat elektronik dengan alamat:

iktiologi.indonesia@gmail.com

Naskah yang diterima penyunting akan ditelaah oleh dua mitra bestari anonim yang kompeten untuk memperoleh penilaian konstruktif agar mendapatkan suatu taraf publikasi yang tinggi.

Panduan berikut membantu anda dalam menyiapkan naskah yang akan dikirimkan ke JII. Naskah yang ditulis sesuai dengan ketentuan pada panduan akan mempercepat waktu pemeriksaan dan penyuntingan.

Penyiapan naskah

Pastikan bahwa naskah cukup jelas untuk disunting, dengan mengikuti hal berikut:

- Ukuran kertas: A4 dengan batas pinggir 3 cm seluruhnya, bernomor halaman yang dituliskan pada ujung kanan bawah.
- Naskah ditulis dalam satu kolom pada tiap halaman.
- Naskah diketik menggunakan Microsoft Word for Windows dalam spasi 1,5 baris, tipe huruf Times New Roman ukuran 12. Karakter huruf pada Gambar dapat berbeda dari ketentuan ini.
- Teks dituliskan hanya rata kiri.
- Gunakan spasi tunggal (bukan ganda) sesudah tanda baca (titik, koma, titik dua, titik koma).
- Gunakan satuan Sistem Internasional (SI) untuk pengukuran dan penimbangan.
- Nama ilmiah organisme disesuaikan dengan kode nomenklatur internasional (*e.g. International Code of Zoological Nomenclature*). Nama genus dan spesies ditulis dalam huruf miring (italik).
- Tidak menggunakan garis miring (sebagai ganti kata per), tetapi menggunakan tika atas indeks minus, contoh 9 m/det dituliskan 9 m det⁻¹.
- Jangan menggunakan singkatan tanpa keterangan sebelumnya. Kata yang disingkat sebaiknya ditulis lengkap pada penyebutan pertama diikuti singkatan dalam tanda kurung.
- Tanggal ditulis sebagai 'hari bulan tahun', misal 12 September 2010. Singkatan bulan pada tabel dan gambar menggunakan tiga kata pertama nama bulan, misal Feb, Jun, Okt.

- Peta memuat petunjuk garis lintang dan garis bujur, serta menyebutkan sumber data.
- Gambar atau foto organisme atau bagian organisme harus diberi keterangan skala.
- Periksa untuk memastikan bahwa gambar telah diberi nomor secara benar seperti yang dikutip dalam teks. Nomor dan judul gambar terletak di bagian bawah gambar.
- Pastikan bahwa tabel telah diberi nomor dengan benar dan berurutan sesuai dengan nomor yang dikutip dalam teks. Posisi nomor dan judul tabel terletak di atas tabel. Judul sebaiknya jelas, lengkap dan informatif. Letakkan sumber data dan catatan tepat di bawah tabel. Jangan memuat garis vertikal pada tabel. Hilangkan garis horisontal dari tabel, kecuali garis atas dan bawah judul kolom dan garis akhir dasar tabel.
- Ketepatan pengutipan pustaka sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. JII menganut sistem nama-tahun dalam pengutipan. Nama keluarga dan tahun publikasi dicantumkan dalam teks *eg.* Rahardjo & Simanjuntak (2007) atau (Rahardjo & Simanjuntak 2007) untuk satu dan dua penulis; Sjafei *et al.* (2008) atau (Sjafei *et al.* 2008) untuk penulis lebih dari dua. Penulisan banyak pustaka kutipan dalam teks diurutkan dari yang tertua *eg.* (Gonzales *et al.* 2000, Stergiou & Moutopoulos 2001, Khaironizam & Norma-Rashid 2002, Abdurahiman *et al.* 2004, Frota *et al.* 2004; dan Tarkan *et al.* 2006). Pustaka bertahun sama disusun berurut menurut abjad penulis. Pustaka dari penulis yang sama dan dipublikasikan pada tahun yang sama dibedakan oleh huruf kecil (a, b, c dan seterusnya) yang ditambahkan pada tahun publikasi, *eg.* Syafei 2018a, Syafei 2018b.

Bagian-bagian naskah

Judul ditulis di tengah dengan huruf tebal berukuran 13 dan terjemahan ditulis dengan huruf biasa berukuran 11. Judul hendaknya singkat, tepat, dan informatif yang mencerminkan isi artikel.

Nama penulis ditulis dengan huruf biasa berukuran 12. Alamat ditulis dengan huruf biasa berukuran 9, yang memuat nama dan alamat

lembaga disertai kode pos. Cantumkan alamat surat elektronik semua penulis.

Abstrak ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Inggris tidak melebihi 250 kata. Abstrak memuat tujuan, apa yang dilakukan (metode), apa yang ditemukan (hasil), dan simpulan. Hindari singkatan dan kutipan pustaka. Abstrak terdiri atas satu alinea.

Kata penting ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Inggris tidak melebihi tujuh kata yang disusun menurut abjad.

Pendahuluan menjelaskan secara utuh dan jelas alasan mengapa studi dilakukan. Hasil-hasil sebelumnya yang terkait dengan studi anda (*state of the art*) dirangkum dalam suatu acuan yang padat. Nyatakan tujuan penelitian anda.

Bahan dan metode dituliskan secara jelas. Teknik statistik diuraikan secara lengkap (jika baru) atau diacu.

Hasil. Di sini anda kemukakan informasi dan hasil yang diperoleh berdasarkan metode yang digunakan. Jangan mengutip pustaka apapun pada bab ini.

Pembahasan. Nilai suatu naskah ditentukan oleh suatu pembahasan yang baik. Di sini hasil studi anda dihubungkan dengan hasil studi sebelumnya. Hasil diinterpretasikan dengan dukungan kejadian atau pustaka yang memadai. Hasil yang tidak diharapkan atau anomali perlu dijelaskan. Penggunaan pustaka primer mutakhir (10 tahun terakhir) sangat dianjurkan.

Simpulan dinyatakan secara jelas dan ringkas, serta menjawab tujuan penelitian.

Persantunan (bila perlu) memuat lembaga atau orang yang mendukung secara langsung penelitian atau penulisan naskah anda.

Daftar pustaka disusun menurut abjad nama penulis pertama. Pastikan semua pustaka yang dikutip dalam teks tertera di daftar pustaka, dan demikian pula sebaliknya.

- Judul terbitan berkala dikutip lengkap (ditulis dalam huruf italik), yang diikuti oleh volume dan nomor terbitan, serta nomor halaman dalam huruf roman (tegak). Contoh:

- Lauer TE, Doll JC, Allen PJ, Breidert B, Palla J. 2008. Changes in yellow perch length frequencies and sex ratios following closure of the commercial fishery and reduction in sport bag limits in southern Lake Michigan. *Fisheries Management and Ecology*, 15(1): 39-47
- Judul buku ditulis dalam huruf italic. Gunakan huruf kapital pada awal kata, kecuali kata depan dan kata sambung. Nama dan lokasi penerbit, serta total halaman dicantumkan. Contoh:
Berra TB. 2001. *Freshwater Fish Distribution*. Academic Press, San Francisco. 640 p.
 - Buku terjemahan ditambahkan nama penerjemahnya. Contoh:
Nikolsky GV. 1963. *The ecology of fishes*. Translated from Russian by L. Birkett. Academic Press, London and New York. 352 p.
Steel GD, Torrie JH. 1981. *Prinsip-prinsip dan Prosedur Statistika*. Diterjemahkan oleh Bambang Sumantri. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 747 p.
 - Artikel yang termuat dalam kumpulan monograf (buku, prosiding) dituliskan: penulis-tahun, judul artikel. *In*: nama penyunting, judul monograf (ditulis dengan huruf italic), nama penerbit dan lokasinya, serta halaman artikel. Contoh:
Bleckmann H. 1993. Role of lateral line in fish behaviour. *In*: Pitcher TJ (ed.). *Behaviour of Teleost Fishes*. Chapman and Hall, London. pp. 201-246.
Simanjuntak CPH, Zahid A, Rahardjo MF, Hadiaty RK, Krismono, Haryono, Tjakrawidjaja AT (Editor). 2011. *Prosiding Seminar Nasional Ikan VI*. Bogor 8-9 Juni 2010. Masyarakat Iktiologi Indonesia. Cibinong. 612 p.
 - Kutipan terbatas hasil yang tak dipublikasikan, pekerjaan yang dalam penyiapan, pekerjaan yang baru diusulkan, atau komunikasi pribadi hanya dibuat dalam teks, di luar Daftar Pustaka.
 - Artikel dan buku yang belum dipublikasikan dan sedang dalam proses pencetakan diberi tambahan "*in press*". Contoh:
Rahardjo MF, Syafei LS. 2020. *Spesies Invasif Akuatik*. (*in press*)
Artikel ulasan balik (*review*) suatu topik, resensi buku, dan komentar atau tanggapan atas suatu artikel tidak perlu mengikuti sistematika penulisan di atas.

Abinawanto, Siti Z Musthofa, Retno Lestari, Anom Bowolaksono Pengaruh larutan madu sebagai krioprotektan alami terhadap kualitas sperma ikan botia (<i>Chromobotia macracanthus</i> Bleeker 1852) [The honey solution effect as a natural cryoprotectant on sperm quality of botia, <i>Chromobotia macracanthus</i> Bleeker 1852]	205
Jusmaldi, Nova Hariani, Medi Hendra, Nikmahtulhaniah Ayu Wulandari, Sarah Beberapa aspek biologi reproduksi ikan nilem, <i>Osteochilus vittatus</i> Valenciennes, 1842) di perairan Waduk Benanga, Kalimantan Timur [Some reproductive biology aspects of bonylip barb (<i>Osteochilus vittatus</i> Valenciennes, 1842) in the waters of Benanga Reservoir, East Kalimantan	217
Ilham Zulfahmi, Yusrizal Akmal, Muhammad Radhi, Muslich Hidayat, Muliari Osteologi komparatif tulang belakang <i>Tor tambroides</i> (Bleeker, 1854) dan <i>Tor tambra</i> (Valenciennes 1842) [Comparative osteology of <i>Tor tambroides</i> (Bleeker, 1854) and <i>Tor tambra</i> (Valenciennes 1842) vertebral column (<i>ossa vertebrae</i>)]	235
Sadza Maulidyasari, Djumanto Biological parameters of Bonylip barb (<i>Osteochilus vittatus</i> Valenciennes, 1842) in Lake Rawa Pening Semarang Regency [Parameter biologis ikan nilem (<i>Osteochilus vittatus</i> Valenciennes, 1842) di Danau Rawa Pening Kabupaten Semarang]	249
Muhammad Nur, M. Fadjar Rahardjo, Charles P.H Simanjuntak, Djumanto, Krismono Length-weight relationship and condition factor of an endemic <i>Lagusia micracanthus</i> Bleeker, 1860 in Rivers of Maros Watershed [Hubungan panjang bobot ikan endemik, <i>Lagusia micracanthus</i> Bleeker, 1860 pada Sungai-Sungai di Daerah Aliran Sungai Maros]	261
Yuke Eliyani, Iin Siti Djunaidah, Sujono Pertumbuhan dan sintasan yuwana ikan patin, <i>Pangasianodon hypophthalmus</i> (Sauvage, 1878) yang dipelihara pada berbagai sistem resirkulasi [Growth performance and survival rate of catfish (<i>Pangasianodon hypophthalmus</i>) juvenile which is reared in recirculation system].	269
Wijianto, Kukuh Nirmala, Yuni Puji Hastuti, Eddy Supriyono Kualitas warna ikan Sumatra <i>Puntigrus tetrazona</i> (Bleeker, 1855) pada paparan spektrum cahaya yang berbeda [The color quality of Sumatra barb <i>Puntigrus tetrazona</i> (Bleeker, 1855) in different light spectrum exposure]	281
Sujaka Nugraha, Julie Ekasari, M Zairin Junior, Widanarni Kinerja sistem pencernaan dan pertumbuhan larva ikan lele <i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822) yang dipelihara pada sistem bioflok dengan penambahan <i>Chlorella</i> sp [Digestive system and growth performance of African catfish larvae <i>Clarias gariepinus</i> , (Burchell, 1822) maintained with biofloc technology with the addition of <i>Chlorella</i> sp.]	297



9 771693 033002