

p ISSN 1693-0339

e ISSN 2579-8634

Jurnal Iktiologi Indonesia

(Indonesian Journal of Ichthyology)

Volume 21 Nomor 1 Februari 2021



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 21 Nomor 1 Februari 2021

Dewan Penyunting

Ketua	: M. Fadjar Rahardjo
Anggota	: Agus Nuryanto Achmad Zahid Angela Mariana Lusiastuti Charles P.H. Simanjuntak Djumanto Endi Setiadi Kartamihardja Haryono Kadariusman 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 gabus, *Channa striata* (Bloch, 1793)
(Foto: Haryono)

Percetakan: CV. Rajawali Corporation

Prakata

Selamat tahun baru 2021 semoga pembaca semua dalam keadaan sehat. Pada edisi pertama tahun ini *Jurnal Iktiologi Indonesia* menampilkan 6 artikel. Artikel pertama yang ditulis oleh Sutarni *et al.* menguraikan tentang prevalensi endoparasit pada ikan nila yang dipelihara di kolam budidaya. Artikel kedua memaparkan bagaimana kinerja pertumbuhan dan aktivitas enzim ikan nila yang diberi pakan buatan dedak padi terfermentasi menggunakan *Lactobacillus* sp. Artikel ini dipaparkan oleh Surianti *et al.* Selanjutnya Robisalmi *et al.* menyetengahkan efek pembatasan dan pemberian pakan kembali secara berkala terha-

dap pertumbuhan kompensatori dan faal darah ikan nila merah.

Artikel keempat berbicara tentang hubungan panjang bobot ikan selar bentong yang ditulis oleh Hutubessy *et al.* Pada artikel berikutnya Persada *et al.* membahas tentang karakteristik genetik ikan belida *Chitala lopis* (Bleeker, 1851) asal Lampung dan Kalimantan berdasarkan gen *COI*. Sebagai penutup Rahayu *et al.* menyajikan gambaran keragaman populasi ikan gabus, *Channa striata* (Bloch, 1793) dari Bekasi, Jawa Barat dan Barito Kuala, Kalimantan Selatan menggunakan gen *Cytochrome*.

Penyunting

Prevalensi endoparasit dan gambaran histopatologi intestinum pada ikan nila, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) di kolam budidaya di Desa Janti, Kecamatan Polanharjo, Kabupaten Klaten

[Prevalence of endoparasites and histopathological evaluation of intestine in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) from aquaculture pond in Janti, Polanharjo District, Klaten Regency]

Putri Aji Sutarni, Elisa Herawati*, Agung Budiharjo

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36 A, Surakarta, Jawa Tengah

*Korespondensi: elisahera@staff.uns.ac.id, budiharjo_ag@yahoo.com, putriarni92@gmail.com

Diterima: 7 Agustus 2020; Disetujui: 15 Desember 2020

Abstrak

Penyakit ikan yang disebabkan oleh parasit menjadi tantangan besar bagi produksi ikan. Langkah pengendalian dan metode pengobatan yang tepat dapat dilakukan apabila pembudidaya ikan memiliki informasi yang cukup mengenai adanya infeksi parasit dan dampaknya terhadap kesehatan ikan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung prevalensi endoparasit pada intestinum ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan mengetahui perubahan histologis yang berasosiasi dengan infeksi tersebut. Pengambilan sampel sebanyak 40 ikan dilakukan dengan teknik *purposive sampling* di dua lokasi kolam budidaya di Desa Janti pada bulan September-Desember 2019. Jumlah ikan yang diambil merupakan 10% dari total populasi ikan di tiap kolam. Identifikasi parasit dilakukan berdasarkan morfologinya sesuai dengan metode standar. Tiga genera nematoda ditemukan pada sampel ikan yang dibudidayakan di kolam budidaya warga, sedangkan sampel ikan dari kolam Perbenihan dan Budidaya Ikan Air Tawar (PBIAT) tidak mengandung parasit. Endoparasit yang teridentifikasi yaitu *Cichlidogyrus* sp., *Acanthocephalus* sp., dan *Ceratomyxa* sp. dengan prevalensi sebesar 25% dan intensitas sebesar 1,2%. Jaringan intestinum ikan yang terinfeksi parasit menunjukkan adanya perubahan pada lapisan mukosa berupa edema dan perluasan tunika mukosa. Informasi tentang keberadaan endoparasit dan pengaruhnya pada ikan nila sangat penting bagi para pembudidaya ikan karena dapat menjadi acuan untuk pengendalian parasit secara efektif.

Kata penting: endoparasit, intestinum, *Oreochromis niloticus*

Abstract

Parasitic disease in aquaculture brings a great challenge to fish production. Appropriate control measure and treatment can be carried out if farmers are equipped with sufficient information on the existence of infection and its consequences on fish health. This study aimed to examine the prevalence of endoparasites in the intestine of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and any histological changes associated with the infection. Forty fishes were collected using *purposive sampling* technique at two location of aquaculture ponds in Janti village from September to December 2019. Each sampling size consisted of 10% of the total fish population in the pond. Identification of parasites was performed based on their morphology according to the standard method. Three genera of nematodes were found from fishes cultured at aquaculture ponds from local farmers, but not from that of PBIAT (Hatchery and Freshwater Fish Aquaculture). The endoparasites were identified as *Cichlidogyrus* sp., *Acanthocephalus* sp., and *Ceratomyxa* sp. with prevalence of 25% and intensity of 1.2%. Histological sections of the intestine of fish infected with these parasites showed alteration in the mucosa layers, such as edema and extension of the mucosa. Information on the presence of endoparasites and its effect on Nile tilapia culture is important for fish farmers because it can be used as reference to control fish parasites effectively.

Keywords: endoparasite, intestine, *Oreochromis niloticus*.

Pendahuluan

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan jenis ikan air tawar yang telah dikenal oleh masyarakat luas sebagai ikan konsumsi dan banyak dibudidayakan di Indonesia. Menurut data Direktorat Jenderal Perikanan KKP, produksi ikan nila nasional mengalami peningkatan signifikan sepanjang tahun 2015-2018 yaitu sebesar 1.546.675 ton di tahun 2018 (DJPB 2018). Keunggulan ikan ini diantaranya mudah dikembangbiakkan, sintasan tinggi, serta tahan terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Munculnya penyakit menjadi faktor penghambat budidaya ikan nila. Penyakit ikan yang disebabkan oleh endoparasit, yaitu parasit yang menyerang organ dalam, dapat menyebabkan perdarahan, anemia, dan jumlah sel mast di jaringan usus meningkat yang mengindikasikan adanya peradangan (De Jesus *et al.* 2018). Di Indonesia sendiri, literatur mengenai infeksi endoparasit pada ikan air tawar masih sangat terbatas jumlahnya. Beberapa jenis cacing yang pernah ditemukan di saluran pencernaan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan ikan gabus (*Channa striata*) diantaranya termasuk dalam genus *Camallanus* sp., *Pallisentis* sp. dan *Pallisentis nagpurensis* (Lianda *et al.* 2015, Ghassani *et al.* 2016).

Komoditas ikan nila memiliki arti ekonomis penting bagi masyarakat Desa Janti, Kecamatan Polanharjo, Kabupaten Klaten, mengingat desa Janti merupakan salah satu sentral budidaya ikan air tawar termasuk ikan nila. Masyarakat di desa ini membudidaya-

kan ikan nila secara mandiri menggunakan kolam warga atau tergabung dalam Satuan Kerja Perbenihan dan Budidaya Ikan Air Tawar (PBIAT). Manajemen budidaya yang diterapkan bervariasi, meliputi sumber air yang digunakan, jenis pakan, dan cara menanam benih ikan. Beberapa pembudidaya ikan nila menggunakan media pemeliharaan ikan yang bersumber dari Umbul Nilo, sementara yang lainnya menggunakan sumber air dari sungai. Perbedaan kualitas air yang digunakan tentu akan berpengaruh pada kesehatan ikan secara umum karena siklus hidup beberapa jenis parasit melewati fase spora yang berenang bebas di air (Behrmann-Godel and Brinker, 2016; Paladini *et al.* 2017). Ikan di kolam PBIAT diberi pakan berupa pelet, sedangkan di kolam budidaya warga, ikan diberi pakan campuran pelet dan lumut. Di kolam budi daya warga, benih ikan nila seringkali dicampur dengan padat tebar tinggi bersama dengan ikan lama yang belum dipanen sehingga tingkat stres pada ikan kemungkinan lebih tinggi (Ellison *et al.* 2018). Di sisi lain, pemantauan kesehatan ikan belum dilaksanakan secara maksimal. Pada kondisi yang ditemukan di lapangan, beberapa pemilik kolam hanya sekedar memberikan pakan pada ikan, tanpa mengupayakan pengecekan terhadap status kesehatan ikan secara periodik. Kamil & Prayitno (2017) melaporkan tingginya prevalensi ekto-parasit pada ikan nila yang dibudidayakan di kolam masyarakat desa Janti dan PBIAT yaitu sebesar 65-69%, namun demikian, belum ditemukan pustaka mengenai studi

prevalensi endoparasit pada ikan nila di PBIAT Janti. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan angka prevalensi endoparasit pada intestinum, serta mengetahui gambaran histopatologis intestinum pada sampel ikan nila yang diambil dari kolam budidaya warga dan kolam PBIAT.

Metode

Pengambilan sampel ikan

Sampel ikan diambil dari kolam budi daya warga dan kolam PBIAT Janti pada bulan September-Desember 2019. Metode *purposive sampling* digunakan untuk pengambilan ikan dengan menggunakan jaring. Ikan yang diambil berukuran 15-20 cm dan berumur berumur 4-6 bulan. Jumlah ikan yang diambil sebanyak 10% dari populasi ikan yang ada di dalam satu kolam yaitu 20 ikan per kolam. Ikan hidup diangkut langsung ke Laboratorium Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret untuk pengamatan endoparasit dan pembuatan preparat awetan intestinum.

Identifikasi endoparasit, perhitungan prevalensi dan intensitas endoparasit

Pemeriksaan ciri eksternal ikan dilakukan untuk melihat ada tidaknya lendir berlebih pada permukaan tubuh, luka, atau sisik yang terlepas. Ikan selanjutnya dibedah dari kloaka sampai pektoral sehingga seluruh bagian usus dapat dikeluarkan. Isi usus diletakkan di atas gelas benda, ditetesi dengan larutan garam fisiologis berupa 0,9% (b/v)

NaCl, kemudian diamati menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran 10× dan 40×. Identifikasi parasit dilakukan dengan pengamatan morfologi merujuk pada Hoffman (1999), Anshary (2014), dan Hardi (2015). Dokumentasi dilakukan menggunakan kamera digital yang terhubung dengan mikroskop cahaya (Nikon).

Perhitungan prevalensi dan intensitas endoparasit menggunakan rumus sebagai berikut menurut William & William (1996).

$$\text{Prevalensi} = \frac{\sum \text{ikan terinfeksi}}{\sum \text{ikan yang diperiksa}} \times 100$$

$$\text{Intensitas} = \frac{\sum \text{parasit yang diperoleh}}{\sum \text{ikan yang terinfeksi parasit}}$$

Adapun kriteria tingkat prevalensi dan intensitas dapat merujuk berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2.

Pembuatan preparat intestinum

Intestinum ikan diambil dari bagian anterior, tengah, dan posterior masing-masing sepanjang 2 cm. Intestinum kemudian difiksasi dengan larutan *Neutral Buffered Formalin* 10% selama 3 jam, dan diproses lebih lanjut dengan metode parafin. Tahapan metode parafin meliputi dehidrasi, *clearing*, infiltrasi, dan *embedding* secara singkat dijelaskan sebagai berikut. Intestinum yang telah difiksasi selanjutnya didehidrasi menggunakan larutan alkohol bertingkat (70%, 80%, 95%, alkohol absolut), kemudian direndam ke dalam larutan *clearing* berupa xylene sebanyak dua kali masing-masing selama 1

Tabel 1 Kriteria frekuensi infeksi parasit (William & William 1996)

No	Tingkat serangan	Prevalensi (%)
1	<i>Always</i> (selalu)	99-100
2	<i>Almost always</i> (hampir selalu)	90-98
3	<i>Usually</i> (biasanya)	70-89
4	<i>Frequently</i> (kerap kali)	50-69
5	<i>Commonly</i> (umumnya)	30-49
6	<i>Often</i> (sering)	10-29
7	<i>Occasionally</i> (kadang)	1-9
8	<i>Rarely</i> (jarang)	0,1 s.d <1
9	<i>Very rarely</i> (sangat jarang)	0,01 s.d <0,1
10	<i>Almost never</i> (hampir tidak pernah)	<0,01

Tabel 2 Kriteria intensitas menurut William & William (1996)

No	Tingkat infeksi	Intensitas (ind/ekor)
1	Sangat rendah	<1
2	Rendah	1-5
3	Sedang	6-55
4	Parah	51-100
5	Sangat parah	>100
6	Super infeksi	>1000

jam. Tahap ini dilanjutkan dengan infiltrasi, yaitu mengganti larutan xylene dengan parafin cair yang dapat menginfiltrasi ke dalam jaringan intestinum. Intestinum kemudian ditanam ke dalam blok parafin (parafin padat), dipotong setebal 4 μ m menggunakan mikrotom, dan diwarnai dengan teknik pewarnaan Hematoksilin Eosin (Kiernan, 2015).

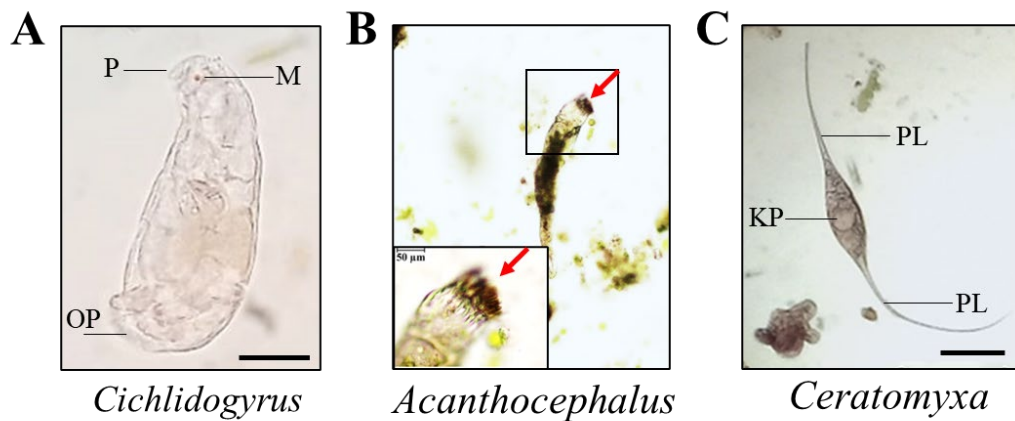
Pengukuran kualitas air

Parameter kualitas air yang diukur adalah derajat keasaman (pH) dengan menggunakan pH meter, oksigen terlarut diukur dengan DO

meter, dan pengukuran suhu kolam dengan menggunakan termometer. Pengukuran kualitas air dilakukan sebanyak tiga ulangan untuk masing-masing lokasi pada waktu yang sama, yaitu pukul 09.00. Khususnya untuk pengukuran suhu dilakukan pada kedalaman 15 cm pada bagian tepi kolam ikan.

Hasil

Dari empat puluh sampel ikan yang diamati, lima ikan mengandung parasit pada organ intestinumnya. Kelima ikan yang terinfeksi oleh parasit tersebut berasal dari



Gambar 1 Tiga genera parasit yang ditemukan pada intestinum ikan nila. A) *Cichlidogyrus* sp. memiliki dua organ perlekatan: prohaptor (P) di bagian anterior dan opisthohaptor (OP) di bagian posterior. Mata (M). B) *Acanthocephalus* berbentuk memanjang silindris dengan proboscis (tanda panah) berkait. C) *Ceratomyxa* dicirikan dengan proyeksi lateral (PL) yang strukturnya memanjang dan ujungnya tumpul. Kapsul polar (KP) tampak jelas di bagian tengah. Skala bar 20 µm (A), 50 µm (B), 10 µm (C).

Tabel 3 Prevalensi dan intensitas endoparasit pada ikan nila di dua lokasi kolam budidaya di Janti

Lokasi	Ikan terinfeksi	Prevalensi (%)	Jumlah Parasit	Genus	Intensitas (ind/ekor)
PBIAT Janti	0	0	0	-	-
Kolam budidaya warga	5	25	2	<i>Cichlidogyrus</i>	1,2
			1	<i>Acanthocephalus</i>	
			3	<i>Ceratomyxa</i>	

Tabel 4 Parameter fisik dan kimia air di kolam PBIAT dan kolam budidaya warga

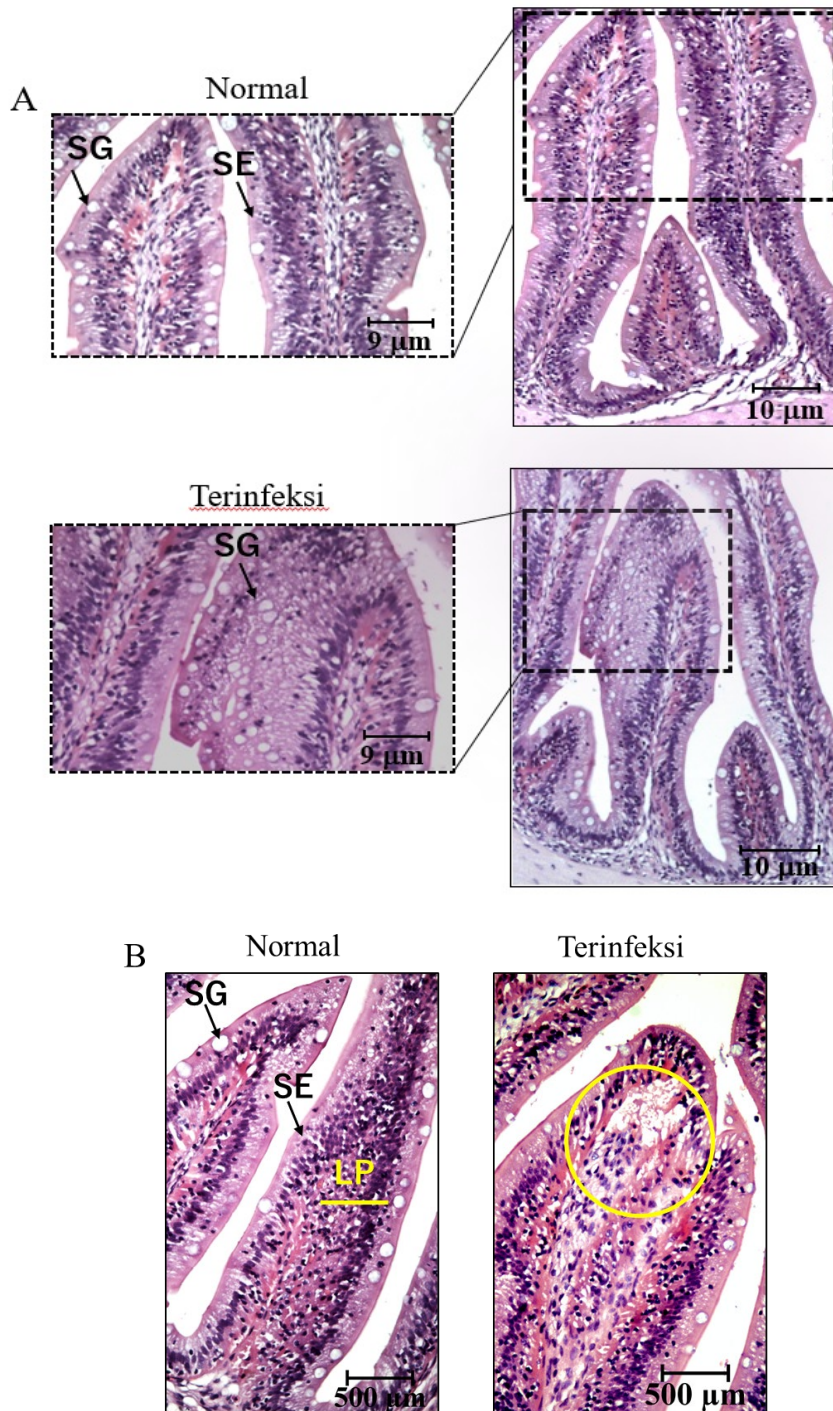
Lokasi	Parameter	I	II	III	Rata-rata	Kriteria Mutu Air
PBIAT Janti	pH	6,65	7,55	7,61	7,27	6-9
	Suhu (°C)	26	25	25	25,3	22-28
	Oksigen terlarut (ppm)	8,62	8,04	8,07	8,24	minimum 6
Kolam budidaya warga	pH	6,8	8,05	8,00	7,61	6-9
	Suhu (°C)	24	24	24	24	22-28
	Oksigen terlarut (ppm)	7,82	7,24	7,20	7,42	minimum 6

kolam budidaya warga di Desa Janti, sedangkan sampel ikan yang diambil dari kolam PBIAT Janti tidak ada yang mengandung

parasit. Parasit yang dijumpai tersebut berasal dari genus *Cichlidogyrus*, *Acanthocephalus*, dan *Ceratomyxa* sp. (Gambar 1).

Prevalensi endoparasit pada sampel ikan yang berasal dari kolam budidaya warga termasuk dalam kriteria infeksi sering yaitu sebesar 25% (Tabel 3). Adapun nilai intensitasnya sebesar 1,2 termasuk kriteria intensitas

tingkat infeksi rendah, yang menggambarkan rata-rata parasit yang menyerang per individu ikan adalah 1,2 ekor parasit. Pengukuran kulit air ditunjukkan pada Tabel 4.



Gambar 2 Histologi intestinum ikan nila terinfeksi parasit. A) Lapisan mukosa mengalami perluasan. B) Lamina propia menunjukkan edema (lingkaran). (SG) sel goblet, (SE) sel epitel, (LP) lamina propia.

Dari penampakan fisik luarnya, semua sampel ikan yang terinfeksi memperlihatkan sisik yang berlendir dan gerakan ikan yang pasif. Bagian sisik tampak normal dan tidak ditemukan luka. Sampel ikan ini kemudian diamati lebih lanjut untuk melihat ada tidaknya perubahan histologis organ intestinum yang mungkin berasosiasi dengan infeksi parasit di dalam tubuh ikan tersebut. Lima ikan yang mengandung parasit memperlihatkan kerusakan di bagian permukaan intestinum berupa edema dan perluasan tunika mukosa (Gambar 2).

Pembahasan

Cichlidogyrus sp. berbentuk oval memanjang, memiliki haptor pada bagian posterior (Gambar 1A). Parasit ini memperoleh nutrisi dengan memakan sel epitel, mukus, dan darah, sehingga intestinum merupakan organ yang cocok untuk perkembangbiakannya (Ali *et al.* 2013). *Acantocephalus* sp. memiliki proboscis pada bagian anterior (Gambar 1B dan inset) yang digunakan untuk menempel pada bagian usus inang, berbentuk silindris, agak pipih (Hardi 2015). *Acantocephalus* sp. atau sering disebut cacing duri hidup sebagai parasit dengan melekatkan proboscisnya pada lapisan sel epitel mukosa usus, sehingga mengakibatkan daerah tersebut mengalami kerusakan jaringan yang berupa edema, hemoragi, dan nekrosa (Anshary 2014). *Ceratomyxa* sp. adalah parasit yang ditemukan pada organ usus ikan dengan ciri-ciri berbentuk memanjang seperti bulan sabit, dapat menghasilkan spora, dan terdapat

flagella depan dan belakang yang berstruktur panjang yang dikenal dengan istilah proyeksi lateral (Gambar 1C). Flagella ini digunakan untuk bergerak, melekat pada inang, dan menyerang ikan sebagai inangnya (Alama-Bermejo *et al.* 2012). Dalam penelitian ini, ketiga genus parasit yang dijumpai pada intestinum merupakan parasit yang umum dijumpai pada ikan baik yang hidup di perairan asin maupun tawar (Morsy *et al.* 2012, Azevedo *et al.* 2013).

Asosiasi parasit di dalam intestinum ikan nila diyakini menyebabkan kerusakan struktur jaringan berupa edema seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Hardi (2015) melaporkan bahwa efek yang ditimbulkan dari infeksi monogenea (termasuk *Cichlidogyrus*) adalah terjadinya pengikisan jaringan dan edema pada tempat parasit tersebut melekat. Edema merupakan kondisi dimana terjadi peningkatan jumlah cairan dalam kompartemen jaringan inter seluler. Edema berkaitan dengan osmoregulasi dan merupakan mekanisme perlindungan pada ikan (Khamis *et al.* 2017). Penyebab edema adalah adanya aliran darah yang tersumbat yang disebabkan oleh parasit yang menempel pada saluran pencernaan ikan, sehingga tekanan hidrostatik menjadi tinggi. Dampak infeksi parasit seringkali termanifestasikan pada perubahan fisik ikan. Walaupun dalam penelitian ini tidak dikaji secara mendalam efek keberadaan endoparasit selama kurun waktu pertumbuhan ikan, akan tetapi, semua sampel ikan yang di dalamnya mengandung endoparasit menunjukkan perilaku berenang yang

pasif dan bagian sisiknya menghasilkan banyak lendir.

Prevalensi endoparasit ikan di lokasi kolam budidaya warga lebih tinggi dibandingkan di kolam PBIAT di Desa Janti (Tabel 3). Angka prevalensi sebesar 25% dan intensitas infeksi sebesar 1,2 seperti (Tabel 3) dapat berdampak pada kematian pada sebagian ikan budidaya walaupun kemungkinan tidak berpengaruh drastis pada hasil panen. Perbedaan angka prevalensi ini secara umum dapat disebabkan oleh faktor ekstrinsik dan intrinsik. Faktor ekstrinsik mungkin disebabkan perbedaan sistem pengairan kolam (Mdegela *et al.* 2011). Kolam PBIAT menggunakan instalasi air khusus untuk mengalirkan air dari sumber air Umbul Nilo ke kolam, sedangkan pemilik kolam warga menggunakan air dari saluran irigasi. Secara umum, warna air di dalam kolam milik warga terlihat lebih keruh, akan tetapi, dalam penelitian ini tidak diteliti lebih lanjut apakah kekeruhan air kolam disebabkan oleh kemelimpahan mikroorganisme termasuk protozoa, parasit, dan plankton. Adapun kualitas air di kedua lokasi masih termasuk dalam kategori baik apabila dibandingkan dengan kriteria mutu air untuk peruntukan budidaya menurut PP. No 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Parameter suhu, pH, dan oksigen terlarut air pemeliharaan menunjukkan hasil yang relatif sama antara kedua kolam (Tabel 4).

Faktor intrinsik juga dapat diduga berperan dalam tinggi rendahnya frekuensi endoparasit yang dijumpai dalam penelitian ini.

Pada periode tertentu, pengelola kolam budidaya warga akan mencampurkan ikan baru dengan ikan lama yang belum dipanen (komunikasi pribadi). Pencampuran ini dapat mengakibatkan stres pada ikan-ikan tersebut, sehingga berpotensi menurunkan sistem imun ikan (Anshary *et al.* 2013, Ellison *et al.* 2018). Pakan ikan juga dapat berkontribusi dalam infeksi parasit. Ikan nila merupakan ikan budidaya yang bersifat omnivor yang seringkali diberi pakan alami, misalnya lumut, plankton dan sisa-sisa bahan organik seperti dedak, bungkil kelapa, bungkil kacang, ampas tahu, dan lain-lain. Ikan nila di kolam budidaya PBIAT Janti diberi pakan berupa pellet, sedangkan di kolam budidaya warga, ikan diberi pakan pellet dan pakan alami yang berupa lumut (komunikasi pribadi dengan pemilik kolam). Lumut dapat menjadi media transfer parasit karena spora parasit yang keluar bersamaan dengan feses ikan (Behrmann-Godel & Brinker 2016, Paladini *et al.* 2017) dapat melekat pada lumut. Apabila ikan sehat mengonsumsi lumut yang tercemar spora parasit, maka spora tersebut akan masuk ke dalam tubuh ikan dan berkembang biak.

Keberadaan parasit pada ikan akan berdampak pada penurunan kualitas pada usaha budidaya, penurunan bobot badan ikan konsumsi, dan penolakan oleh konsumen akibat adanya morfologi atau bentuk tubuh ikan yang abnormal. Pada skala budidaya, parasit juga dapat meningkatkan kematian larva secara massal dan dapat menyebabkan kerugian yang sangat signifikan apabila tidak

ditanggulangi (Videira *et al.* 2016, Tavares-Dias & Martins 2017). Di kolam budidaya ikan nila di Desa Janti, Klaten, tingkat prevalensi endoparasit sebesar 25% dijumpai pada ikan yang dipelihara di kolam warga. Jumlah ini termasuk dalam kategori infeksi sering, yang berarti derajat keparahan infeksi menjadi ancaman nyata pada kesehatan populasi ikan di kolam tersebut sehingga diperlukan tindakan cepat untuk mengatasinya. Ikan-ikan yang terinfeksi menunjukkan kerusakan histologi pada jaringan intestinum berupa edema dan perluasan tunika mukosa. Data prevalensi endoparasit dan gambaran histopatologis yang disajikan pada penelitian ini menjadi informasi penting sebagai acuan dalam upaya penanggulangan parasit secara efektif bagi para pembudidaya ikan.

Simpulan

Endoparasit yang menginfeksi ikan nila pada kolam budidaya warga di Desa Janti berasal dari genus *Cichlidogyrus*, *Acanthocephalus*, dan *Ceratomyxa*. Prevalensi endoparasit sebesar 25% termasuk dalam kategori infeksi sering dengan nilai intensitas sebesar 1,2. Intestinum ikan yang terinfeksi mengalami edema dan perluasan tunika mukosa.

Daftar pustaka

- Alama-Bermejo G, Bron JE, Raga JA, Holzer AS. 2012. 3D Morphology, ultrastructure and development of *Ceratomyxa puntazzi* stages: first insights into the mechanisms of motility and budding in the Myxozoa. *PloS One*, 7(2): e32679.
- Ali SK, Koniyo Y, Mulis. 2013. Identifikasi ektoparasit ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di Danau Limboto Provinsi Gorontalo. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 1(3): 114-125.
- Anshary H, Sriwulan, Talunga J. 2013. Tingkat infeksi *Thaparocleidus* sp. pada ikan patin (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Jurnal Perikanan*, 15(2): 55-61.
- Anshary H. 2014. *Parasitologi Ikan: Biologi, Identifikasi, dan Pengendaliannya*. Deepublish. Yogyakarta. 302 p.
- Azevedo C, Rocha S, Casal G, São Clemente SC, Matos P, Al-Quraishy S, Matos E. 2013. Ultrastructural description of *Ceratomyxa microlepis* sp. nov. (phylum Myxozoa): a parasite infecting the gall bladder of *Hemiodus microlepis*, a freshwater teleost from the Amazon River. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 108(2): 150–154.
- Behrmann-Godel J, Brinker A. 2016. Biology and ecology of perch parasites. In: P. Coture and G. G. Pyle (editors). *Biology of Perch*. CRC Press, Taylor and Francis Group, USA. p 193-229.
- De Jesus RB, Gallani SU, Valladao GMR, Pala G, da Silva TFA, da Costa JC, Kotzent, Pilarski F. 2018. Trypanosomiasis causing mortality outbreak in Nile tilapia intensive farming: identification and pathological evaluation. *Aquaculture*, 491: 169-176.
- Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2018. Laporan Kinerja DJPB 2018. Jakarta Pusat.
- Ellison AR, Uren Webster TM, Rey O. 2018. Transcriptomic response to parasite infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) depends on rearing density. *BMC Genomics*, 19(723): 1-12.
- Ghassani S, Hidayati D, Abdulgani N. 2016. Prevalensi dan intensitas endoparasit pada ikan gabus (*Channa striata*) dari budidaya dan alam. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2): 2337-3520.

- Hardi EH. 2015. *Parasit Biota Akuatik*. Mulawarman University Press. Samarinda. 118 p.
- Hoffman GL. 1999. *Parasites of North American Freshwater Fishes* edisi ke 2. Cornell University. 576 p.
- Kamil MR, Prayitno SB. 2017. Studi kasus infestasi *Cichlidogyrus* pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dari SATKER BPBIAT dan Luar SATKER Janti, Klaten, Jawa Tengah. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 6(4): 120-129.
- Khamis HM, Ali AI, Lusweti D, Orina PS. 2017. Prevalence and diversity of internal cestoda parasit of the nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and African catfish (*Clarias gariepinus*) in different ponds in Kenya. *International Journal of Innovative Research and Advanced Studies*, 4(5): 220-224.
- Kiernan JA. 2015. *Histological & Histochemical Methods: Theory & Practice*. 5th ed. Scion Publishing Ltd. 555 p.
- Lianda N, Fahriaal Y, Daud R, Rusli R, Aliza D, Adam M. 2015. Identifikasi parasit pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di saluran irigasi Barabung Kecamatan Darussalam Aceh Besar. *Jurnal Medika Veterinaria*, 9(2): 101-103.
- Mdegela R, Omary AN, Mathew C, Nonga HE. 2011. Effect of pond management on prevalence of intestinal parasites in nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) under small scale fish farming systems in Morogoro, Tanzania. *Livestock Research for Rural Development*. 23(6): 127-132.
- Videira M, Velasco M, Malcher CS, Santos P, Matos P, Matos E. 2016. An outbreak of myxozoan parasites in farmed freshwater fish *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Characidae, Serrasalminae) in the Amazon region, Brazil. *Aquaculture Reports*, 3: 31-34.
- Morsy K, Abdel-Ghaffar F, Abdel-Rahman S, Mohamed F, Hamed. 2012. Redescription of three *Cichlido-gyrids* (Monogenea: Ancyrocephalidae) and one Gyrodactylid (Monogenea: Gyrodactylidae) infecting *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) from the River Nile. *Life Science Journal*, 9: 600-2611.
- Paladini G, Longshaw M, Gustinelli A, Shinn AP. 2017. Parasitic diseases in aquaculture: their biology, diagnosis and control. In: Austin B and Newaj-Fyzul A (editors). *Diagnosis and Control of Diseases of Fish and Shellfish*. John Wiley & Sons, USA. pp. 37-107.
- PP (Peraturan Pemerintah) Nomor 82 Tahun 2001. Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Tavares-Dias M, Martins ML. 2017. An overall estimation of losses caused by diseases in the Brazilian fish farms. *Journal of Parasitic Diseases: official organ of the Indian Society for Parasitology*, 41(4): 913-918.
- Williams EH Jr., Williams LB. 1996. *Parasites of Offshore Big Game Fishes of Puerto Rico and the Western Atlantic*. Puerto Rico: Departement of Natural and Environmental Resources and University of Puerto Rico. 382 p.

Pengaruh konsentrasi dedak padi terfermentasi menggunakan *Lactobacillus* sp. dalam pakan buatan terhadap kinerja pertumbuhan dan aktivitas enzim ikan nila, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)

[Effect of fermented rice bran concentration using *Lactobacillus* sp in artificial feed on growth performance and enzyme activity of tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)]

Surianti^{1*}, Fitratul Muaddama¹, Wahyudi², Sri Wahyuni Firman³

¹Program Studi Ilmu Perikanan, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Muhammadiyah Sidenreng Rappang.
Jalan Ang 45, Rappang 91651

²Jurusan Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin
Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10, Makassar 90245

³Program Studi Akuakultur, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong
Jalan Kh. Ahmad Dahlan, Sorong 98418

*Korespondensi: surianti23@gmail.com, fitratulmuaddama10@gmail.com, fwahyudhi47@gmail.com,
sriwahyunifirman@gmail.com

Diterima: 19 Agustus 2020; Disetujui: 29 Desember 2020

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menentukan pengaruh dosis dedak padi terfermentasi menggunakan *Lactobacillus* sp. terhadap kinerja pertumbuhan dan aktivitas enzim pada ikan nila. Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Sidenreng Rappang. Hewan uji yang digunakan adalah larva ikan nila berukuran 1,17 g. Wadah pemeliharaan adalah kolam terpal dengan ukuran 1 m x 1 m x 1 m yang diisi air tawar sebanyak 85 L. Penelitian didesain dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap yang terdiri atas empat perlakuan dan tiga ulangan, dengan demikian terdapat 12 satuan percobaan. Perlakuan ditentukan berdasarkan dosis dedak padi terfermentasi menggunakan *Lactobacillus* sp. yang berbeda yaitu 0, 10, 15 dan 20 %. Pakan uji diberikan pada larva ikan nila yang ditebar 20 ekor setiap wadah selama 60 hari pemeliharaan. Data laju pertumbuhan spesifik ikan nila yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA) dan aktivitas enzim dianalisis secara deskriptif berdasarkan kelayakan hidup ikan nila. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ikan nila yang diberi pakan dengan kandungan dedak padi terfermentasi 20% memberikan pengaruh yang signifikan terhadap laju pertumbuhan spesifik, aktivitas enzim protease dan amilase. Dosis dedak padi terfermentasi menggunakan *Lactobacillus* sp. yang optimal yaitu 15-20%.

Kata penting: aktivitas enzim, dedak padi, ikan nila, *Lactobacillus* sp., laju pertumbuhan spesifik.

Abstract

This study aims to determine the effect of the dose of fermented rice bran using *Lactobacillus* sp. on growth performance and enzyme activity in tilapia. This research was conducted in Sidenreng Rappang Regency. The test animal used was tilapia larvae measuring 1.17 g. The maintenance container is a tarp pool with a size of 1 m x 1 m x 1 m filled with fresh water as much as 85 L. The study was designed using a completely randomized design consisting of four treatments and three replications, thus there were 12 experimental units. The treatment was determined based on the dose of fermented rice bran using *Lactobacillus* sp. which differ, namely 0, 10, 15 and 20%. The test feed was given to tilapia larvae, which were stocked with 20 fish per container for 60 days of rearing. The specific growth rate data of tilapia were analysed using analysis of variance (ANOVA) and enzyme activity was analysed descriptively based on the viability of tilapia. The results showed that tilapia fed with 20% fermented rice bran had a significant effect on the specific growth rate, protease and amylase enzyme activity. The optimal dosage of fermented rice bran using *Lactobacillus* sp. is 15-20%.

Keywords: enzyme activity, rice bran, tilapia, *Lactobacillus* sp., specific growth rate.

Pendahuluan

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu jenis komoditas akuakultur yang mempunyai nilai ekonomis tinggi sebagai ikan konsumsi air tawar di dunia (FAO 2014). Laporan Kinerja (LKj) Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya tahun 2016 menyebutkan bahwa pada tahun 2014 produksi budidaya ikan nila nasional sebesar 999.695 ton dan mengalami peningkatan pada tahun 2015 menjadi 1.576.607 ton dengan peningkatan rata-rata sebesar 30,29%. Perkembangan budidaya ikan nila cukup pesat di Asia, spesies ini merupakan komoditas yang penting karena menjadi salah satu sumber protein yang relatif ekonomis (Hadie *et al.* 2013). Negara Tiongkok merupakan produser terbesar dalam budidaya ikan nila dan Mesir menduduki peringkat kedua (Fitsimmons *et al.* 2012).

Di Indonesia khususnya di Sulawesi Selatan, ikan nila disukai karena mudah dipelihara, laju pertumbuhan dan perkembangbiakannya cepat, serta tahan terhadap gangguan hama dan penyakit. Ikan nila merupakan spesies yang kematangan seksnya bergantung pada umur, ukuran, dan kondisi lingkungan dan pada umumnya cenderung lebih cepat mengalami kematangan seks sebelum ukurannya mencapai ukuran pasar (Charo-Karisa *et al.* 2006). Hal tersebut yang mendasari masyarakat untuk membudidayakan ikan nila. Selain dipelihara di kolam biasa seperti yang umum dilakukan, ikan nila juga dapat dibudidayakan di media lain seperti kolam air deras, kantong jaring apung, karamba,

dan sawah. Untuk meningkatkan produksi ikan nila, budi daya secara intensif perlu dilakukan dengan pemberian makanan yang berkualitas dan kualitas air juga diperhatikan (Putra *et al.* 2011).

Saat ini perkembangan budi daya ikan nila di Indonesia juga cukup pesat, tetapi masih memerlukan dorongan agar dapat menjadi komoditas andalan perikanan. Dalam upaya percepatan peningkatan produksi guna mendukung program industrialisasi, maka diperlukan pengembangan budidaya ikan nila baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Akan tetapi kendala yang dihadapi dalam budidaya ikan nila yaitu pakan.

Pakan merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dalam upaya meningkatkan produktivitas ikan yang dibudidayakan. Namun, permasalahan yang sering muncul pada pembesaran ikan adalah biaya pakan yang tinggi yang lebih dari 60% dari total biaya produksi ikan yang dipelihara (Sahwan 2003). Kebutuhan pakan yang sangat besar dapat menimbulkan permasalahan bagi petani ikan. Harga pakan yang semakin mahal, sehingga makin memperbesar biaya produksi. Bahan baku sumber protein pada pakan seperti tepung ikan dan tepung kedelai merupakan faktor meningkatnya harga pakan, yang semakin tinggi di pasaran dan ketersediaannya juga semakin berkurang di alam (Putra 2010). Ditambah lagi, sebagian besar pelaku budidaya masih bergantung pada bahan baku impor. Salah satu upaya mengatasi ketergantungan bahan baku pakan impor adalah pemanfaatan bahan baku lokal. Bahan

baku lokal yang digunakan harus memiliki nilai gizi yang tinggi, tidak beracun, harga relatif murah, sangat melimpah dan tidak bersaing dengan kebutuhan manusia, diantaranya dedak padi (Ikhwanuddin *et al.* 2018).

Dedak padi merupakan limbah penggilingan padi. Dedak padi merupakan bahan pakan sumber energi yang memiliki kekurangan yaitu tingginya serat kasar maka alternatif yang dapat ditempuh adalah penggunaan probiotik. Probiotik merupakan suatu kelompok mikroorganisme dan substansi yang berperan dalam keseimbangan mikroba di saluran pencernaan (Pamungkas & Anggraeny 2006). Pemberian probiotik pada pellet dengan cara disemprotkan dapat menimbulkan terjadinya fermentasi pada pellet dan meningkatkan kecepatan pencernaan. Penggunaan probiotik menjadi solusi internal untuk menghasilkan pertumbuhan dan efisiensi pakan yang optimal, mengurangi biaya produksi dan pada akhirnya dapat mengurangi beban lingkungan karena akumulasi limbah di perairan (Iribarren *et al.* 2012). Pemanfaatan mikroba dilakukan dengan cara menambahkan secara langsung pada pakan atau dengan *pre feeding process* atau *feed preparation* (Chilmawati *et al.*, 2018). Mikroba yang ditambahkan dalam pakan tersebut berperan dalam perbaikan pakan melalui fermentasi dengan mengurai materi pakan yang sulit dicerna ikan, mendetoksifikasi bahan beracun, dan meningkatkan kandungan protein. Aplikasi penambahan bakteri probiotik diharapkan mampu meningkatkan

kualitas pakan dan pencernaan pakan (Puspita *et al.* 2012)

Lactobacillus sp. merupakan fermentor yang baik digunakan, pemberian pakan dedak padi yang difermentasi menggunakan *Lactobacillus* sp. diharapkan dapat meningkatkan pemanfaatan pakan pada budi daya ikan nila. Dhanasekaran *et al.* (2009) menunjukkan bahwa bobot ikan sekitar 5 gram meningkat setelah diberi makan dengan *Lactobacillus* spp. Wanguyun *et al.* (2019) menemukan bahwa ada beberapa efek probiotik suplementasi yang mengandung konsorsium mikroba *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus bulgaricus*, dan *Lactobacillus fermentum* untuk pakan ikan nila untuk kinerja pertumbuhan dan mempengaruhi mikroba usus populasi. Fermentasi adalah suatu proses kegiatan kimiawi pada substrat organik melalui enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme meliputi perubahan molekul atau senyawa organik seperti protein, karbohidrat dan lemak menjadi molekul sederhana dan mudah dicerna (Jay 1987). Pada proses fermentasi, terjadi perombakan karbohidrat menjadi glukosa, lemak menjadi asam lemak dan gliserol, dan protein akan mengalami penguraian menjadi asam amino (Hidayat *et al.* 2006). Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dibuat dengan tujuan untuk menentukan dosis dedak padi terfermentasi menggunakan *Lactobacillus* sp. untuk kinerja pertumbuhan dan aktivitas enzim pada ikan nila.

Tabel 1 Persentase bahan baku pakan untuk setiap perlakuan.

Bahan Baku	Persentase			
	A	B	C	D (Kontrol)
Tepung ikan	35	35	35	35
Tepung kepala udang	17	15	15	17
Tepung kedelai	21	21	21	24
Tepung dedak padi terfermentasi	10	15	20	0
Tepung dedak padi	0	0	0	15
Tepung terigu	13	10	5	5
Minyak ikan	2	2	2	2
Vitamin	1	1	1	1
Mineral	1	1	1	1
Jumlah	100	100	100	100

A (Dosis dedak padi dalam pakan 10%), B (Dosis dedak padi dalam pakan 15%), C (Dosis dedak padi dalam pakan 20%), D (Kontrol).

Bahan dan metode

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai dengan September 2020 di Bottolita Desa Bulucenrana, Kecamatan Pitu Riawa, Kabupaten Sidenreng Rappang, Provinsi Sulawesi Selatan. Analisis enzim dilakukan di Laboratorium Balai Riset Perikanan Air payau (BRPBAP) Maros dan analisis proksimat pakan dilakukan di Laboratorium Ternak Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Rancangan penelitian

Penelitian didesain dalam Rancangan Acak Lengkap dengan empat perlakuan dan masing-masing tiga ulangan, dengan demikian terdapat 12 satuan percobaan. Perlakuan tersebut yaitu

Perlakuan A : dosis dedak padi dalam pakan 10%

Perlakuan B : dosis dedak padi dalam pakan 15%

Perlakuan C : dosis dedak padi dalam pakan 20%

Perlakuan D : kontrol

Pakan uji

Pakan uji yang digunakan adalah pakan buatan berbentuk pellet yang menggunakan protein 30%. Persentase bahan baku pakan yang akan digunakan tersaji pada Tabel 1.

Persiapan probiotik dan pembuatan pakan.

Metode pencampuran probiotik *Lactobacillus* sp. dalam bahan pakan mengacu pada metode Aslamyah (2006) Probiotik *Lactobacillus* sp. terlebih dahulu diencerkan dengan *Buffer Peptone Water* dan minyak ikan. Campuran ini kemudian disemprotkan pada tepung dedak padi secara merata dengan

menggunakan alat penyemprot dan didiamkan selama 2 hari.

Persiapan pembuatan pakan uji diawali dengan menyiapkan bahan baku pakan. Bahan pakan ditimbang sesuai dengan komposisi pakan yang dibutuhkan, kemudian bahan pakan dicampur menjadi sebuah adonan dan dicetak dengan mesin pencetak pellet. Setelah itu pakan dikeringkan dengan oven pada suhu di bawah 70°C selama 2-3 hari. Pakan yang telah kering didinginkan pada suhu kamar, dan selanjutnya dimasukkan ke dalam kantong plastik dan disimpan di tempat yang kering.

Wadah dan ikan uji

Wadah yang digunakan dalam penelitian ini adalah kolam terpal berukuran 1 m x 1 m x 1 m sebanyak 12 buah dengan kapasitas masing-masing 85 L yang diisi air tawar. Pengelolaan kualitas air dilakukan dengan melakukan penggantian air. Penggantian air dilakukan dua kali sebulan dengan meng-

gunakan selang air yang telah diselubungi kain kasa pada ujung selang.

Ikan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah larva ikan nila berukuran 1,17 g yang berasal dari Balai Benih Ikan Air Tawar, Kabupaten Sidenreng Rappang. Larva berumur 7 hari sebanyak 3.000 ekor diadaptasikan dengan kondisi lingkungan dan pakan selama tujuh hari dalam kolam terpal, dengan padat tebar 20 ekor/wadah.

Larva ikan nila yang telah diadaptasikan ditebar secara acak ke dalam 12 kolam terpal dengan padat tebar 20 ekor pada tiap/wadah kolam terpal dan diberi pakan uji 5% dari bobot tubuh ikan pada pukul 08.00, 12.00, 16.00 dan 20.00 WITA selama 2 bulan.

Pemantauan kualitas air dilakukan setiap hari dengan mengukur suhu menggunakan termometer, konsentrasi oksigen terlarut menggunakan DO meter, dan pH air menggunakan pH meter. Sampling dilakukan setiap 10 hari sekali untuk mengetahui pertambahan bobot ikan uji dan penyesuaian jumlah pakan yang akan diberikan.

Tabel 2 Komposisi proksimat pakan uji

Komposisi nutrisi	Persentasi nutrisi pakan			
	A	B	C	D
Protein	54,34	45,92	47,78	54,81
Lemak	11,36	13,94	12,55	12,45
BETN	13,61	18,13	11,60	27,56
Serat kasar	4,80	6,40	6,87	7,67
Kadar abu	15,90	15,62	16,24	16,36
Kadar air	11,31	13,13	12,14	6,58

A (Dosis dedak padi dalam pakan 10%), B (Dosis dedak padi dalam pakan 15%), C (Dosis dedak padi dalam pakan 20%), D (Kontrol), BETN (Bahan ekstrak tanpa nitrogen).

Parameter penelitian

Laju pertumbuhan spesifik (%/hari), dianalisis dengan menggunakan formula yang dikemukakan oleh Hardjamulia *et al.* (1986) sebagai berikut :

$$SGR = \frac{\ln W_t - \ln W_0}{T} \times 100$$

Keterangan :

- SGR =rata-rata laju pertumbuhan spesifik (%)
- W₀ =bobot rata-rata individu pada awal percobaan (g)
- W_t =bobot rata-rata individu pada akhir percobaan (g)
- T =lama percobaan (hari).

Aktivitas enzim protease dihitung sesuai dengan persamaan Bergmeyer & Grassl (1983):

$$\text{Aktivitas enzim protease } U = \left(\frac{\text{Act}-\text{Abl}}{\text{Ast}-\text{Abl}} \right) \times \frac{P}{T}$$

Keterangan:

- U =unit aktivitas enzim protease
- Act =nilai absorban contoh
- Abl =nilai absorban blanko
- Ast =nilai absorban standar
- P =faktor pengenceran
- T =waktu inkubasi dalam menit.

Aktivitas enzim amilase diukur dengan menggunakan formula Bergmeyer & Grassl (1983) sebagai berikut:

$$\text{Aktivitas amilase} = \left(\frac{\text{Ass}-\text{Abl}}{\text{Ast}-\text{Abl}} \right) \times \frac{P}{T}$$

Keterangan:

- Ass =nilai absorbansi sampel
- Abl =nilai absorbansi blanko
- Ast =nilai absorbansi standar
- P =faktor pengenceran (mL)
- T =waktu inkubasi (menit).

Analisis data

Data laju pertumbuhan spesifik ikan nila yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA), bila terdapat pengaruh perlakuan dilakukan uji lanjut W-Tukey pada taraf kepercayaan 95% dan aktivitas enzim dianalisis secara deskriptif berdasarkan kelayakan hidup ikan nila.

Hasil

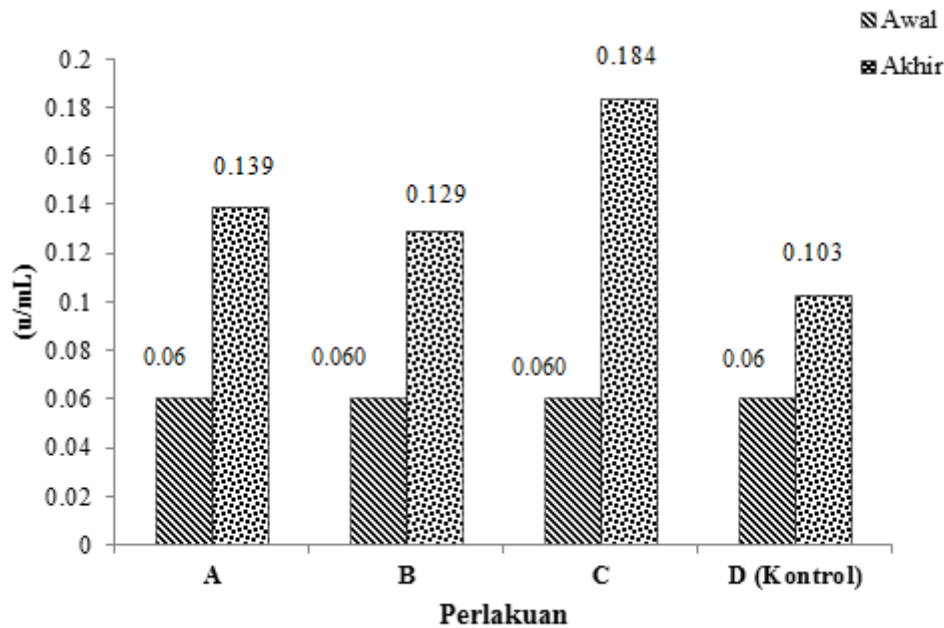
Hasil perhitungan kinerja laju pertumbuhan ikan nila setelah dilakukan pemberian pakan uji selama 60 hari disajikan pada Tabel 3. Aktivitas enzim protease dan amilase ikan nila selama pemeliharaan dan diberi pakan uji tersaji pada Gambar 1 dan 2.

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan faktor pakan berpengaruh nyata (P< 0,05) terhadap laju pertumbuhan spesifik ikan nila. Hasil uji lanjut W-Tukey menunjukkan bahwa pakan B (19,13) dan C (19,68)

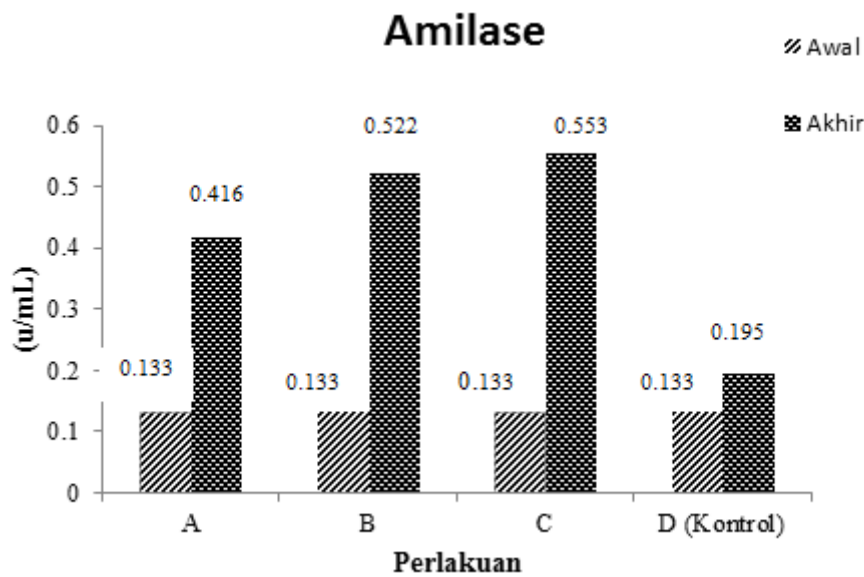
Tabel 3 Kinerja laju pertumbuhan spesifik ikan nila (*Oreochromis niloticus*) selama 60 hari.

Perlakuan	Pertumbuhan (%/hari)
A	16,32±0,85 ^a
B	19,13±0,30 ^b
C	19,68±0,09 ^b
D (Kontrol)	15,94±0,32 ^a

Keterangan: huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata antarperlakuan p < 0,05)



Gambar 1 Uji enzim protease ikan nila yang di pelihara selama 60 hari.
Keterangan : Perlakuan A(10%), B(15%), C(20%) dan D(0%)



Gambar 2 Uji enzim amilase ikan nila yang di pelihara selama 60 hari.
Keterangan : Perlakuan A(10%), B(15%), C(20%) dan D(0%)

memperlihatkan hasil yang sama, tetapi berbeda dengan pakan A (16,32) dan D (15,94). Pada perlakuan pemberian pakan yang mengandung dedak padi terfermentasi 20 % (Pakan C) memberikan hasil yang tertinggi yaitu 19,68 %.

Hasil pengamatan aktivitas enzim protease dan amilase setelah pemberian pakan dengan berbagai dosis dedak padi terfermentasi menggunakan probiotik *Lactobacillus* sp. menunjukkan bahwa terjadi peningkatan aktivitas enzim pada akhir penelitian.

Tabel 4 Kualitas air selama pemeliharaan

Parameter	Kisaran yang diperoleh
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	25-32
pH	6,95-8,69
Oksigen terlarut (mgL^{-1})	3,1-3,5

Aktivitas enzim tertinggi pada pakan dengan pemberian dedak padi terfermentasi 20%, yaitu enzim protease (0.184 u/mL) dan enzim amilase (0.553 u/mL) dan aktivitas enzim protease dan amilase terendah pada perlakuan pemberian pakan dedak padi terfermentasi yaitu pakan D (kontrol).

Pembahasan

Laju pertumbuhan merupakan penambahan jumlah bobot atau panjang ikan dalam periode waktu tertentu. Pertumbuhan terkait dengan faktor luar dan dalam tubuh ikan. Selain lingkungan perairan, salah satu faktor luar yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan adalah makanan (Rambo *et al.* 2018). Unsur yang terkait adalah protein. Selain berperan dalam proses pertumbuhan sekaligus sumber energi utama, protein juga berperan sebagai pembentuk jaringan atau pemeliharaan tubuh dan pengganti jaringan yang rusak serta membantu proses metabolisme (Halver 2002). Kualitas pakan merupakan faktor utama yang menentukan tingkat keberhasilan budi daya. Pakan ikan berkualitas tinggi akan meningkatkan kesehatan serta mempercepat pertumbuhan sehingga produksi akan meningkat. Ikan akan

tumbuh apabila nutrisi pakan yang dicerna dan diserap oleh tubuh ikan lebih besar daripada jumlah yang diperlukan untuk memelihara tubuhnya (Lovell 1989).

Hasil analisis laju pertumbuhan spesifik ikan nila memberikan hasil yang berpengaruh nyata. Pemberian pakan dengan dosis 20% tepung dedak padi terfermentasi menggunakan probiotik *Lactobacillus* sp. ($19,68 \pm 0,09$) memberikan hasil yang terbaik tetapi tidak berbeda dengan dosis 15% tepung dedak padi terfermentasi ($19,13 \pm 0,30$). Hal tersebut disebabkan oleh laju pertumbuhan spesifik pada ikan nila yang dihasilkan merupakan dampak dari probiotik yang diberikan. Probiotik dalam pakan yang dikonsumsi ikan uji diduga meningkatkan populasi bakteri/ mikroba dalam saluran pencernaan dan meningkatkan aktivitas enzim yang menyebabkan nutrisi dalam pakan dapat dicerna dengan baik, serta diserap untuk didistribusikan ke seluruh tubuh sebagai materi untuk metabolisme dan pertumbuhan ikan nila. Jusadi *et al.* (2004) yang melakukan penelitian dengan penambahan probiotik *Bacillus* sp. pada pakan komersial yang diberikan terhadap larva ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) yang berukuran 1,859 g dengan dosis 15 ml kg^{-1} pakan dapat

memberikan penambahan laju berat harian akhir sebesar 2,00 g.

Pemberian pakan dengan dosis dedak padi terfermentasi menggunakan *Lactobacillus* sp. 10% tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Hal ini diduga karena dosis 10% probiotik *Lactobacillus* sp. tidak cukup memproduksi enzim pencernaan seperti protease, amilase. Ridha & Azad (2012) melaporkan bahwa penggunaan bakteri *Lacto-bacillus* sp. dan *Bacillus amyloliquefaciens* dapat meningkatkan pertumbuhan, respons imun dan mengurangi nilai nisbah konversi pakan pada ikan nila. Hal ini dapat disebabkan oleh kemampuan bakteri probiotik untuk memproduksi enzim pencernaan seperti protease, amilase (Adeoye *et al.* 2016) atau bakteri penghasil enzim fitase, enzim pemecah asam fitat yang merupakan salah satu anti nutrisi pada pakan ikan (Hu *et al.* 2008).

Anggraeni & Nurlita (2013) mengemukakan bahwa pertumbuhan ikan erat kaitannya dengan ketersediaan protein dalam pakan, karena protein merupakan sumber energi bagi ikan dan protein juga merupakan nutrisi yang sangat dibutuhkan oleh ikan untuk pertumbuhan, bahwa jumlah protein akan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan ikan. Effendie (1997) menjelaskan bahwa pertumbuhan ikan dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor internal yang meliputi sifat genetik dan kondisi fisiologis ikan serta faktor eksternal yang berhubungan dengan pakan dan lingkungan hal yang dimaksud di sini yaitu kondisi kualitas air.

Hasil pengukuran parameter kualitas air menunjukkan kondisi kualitas air selama pemeliharaan ikan nila masih dalam batas toleransi pemeliharaan. Kisaran suhu yang diperoleh selama pemeliharaan yaitu 25-32⁰C sama dengan hasil penelitian Amin (2010) yaitu 28-32⁰C. Kisaran tersebut masih dalam batas toleransi pertumbuhan ikan nila. Hasil pengukuran pH yaitu 6,95-8,69, sesuai dengan pernyataan Azhari & Tomaso (2018) bahwa kisaran pH yang optimal untuk pertumbuhan ikan nila yaitu 6,5–9. Hasil pengukuran oksigen terlarut yaitu 3,1-3,5 mgL⁻¹, juga masih berada pada kisaran yang optimal untuk pertumbuhan dan perkembangan ikan nila, yakni 3,2-3,8 mg L⁻¹ (Nugroho *et al.* 2013).

Peningkatan laju pertumbuhan ikan nila terjadi karena adanya penambahan sumber protein dedak padi dari mekanisme enzim yang dihasilkan *Lactobacillus* sp. yang dapat mengubah zat-zat kompleks menjadi bentuk yang sederhana. Erfanto *et al.* (2013) menyatakan bahwa proses fermentasi mengubah protein rantai panjang menjadi ikatan peptida rantai pendek, sehingga akan mudah diserap oleh ikan untuk pertumbuhan. Semakin baik kualitas protein pakan maka semakin banyak protein yang akan dicerna sehingga menghasilkan energi yang dapat digunakan untuk pertumbuhan.

Gambar 1 dan 2 menunjukkan terjadi peningkatan aktivitas enzim pada akhir penelitian. Hal ini diduga pemberian pakan yang mengandung dedak padi terfermentasi menggunakan probiotik *Lactobacillus* sp. dapat

dengan mudah dicerna dan diserap oleh ikan nila dengan bantuan mikroba sehingga menghasilkan enzim pencernaan. Aktivitas enzim dipengaruhi oleh konsentrasi substrat. Pada konsentrasi substrat rendah, enzim tidak mencapai konversi maksimum akibat sulitnya enzim menemukan substrat yang akan direaksikan. Seiring dengan meningkatnya konsentrasi substrat, kecepatan reaksi juga akan meningkat akibat makin cepatnya substrat terikat pada enzim. Peningkatan konsentrasi substrat pada titik jenuh tidak lagi dapat meningkatkan kecepatan laju reaksi. Suplementasi probiotik dari pakan percobaan menghasilkan pertumbuhan dan aktivitas enzim protease dan amilase lebih tinggi dibandingkan dengan pakan kontrol. Peningkatan pertumbuhan ikan nila dengan penambahan *Lactobacillus* sp. karena probiotik dapat mengatur lingkungan mikrobia pada usus, menghalangi mikroorganisme patogen dalam usus dengan melepas enzim-enzim yang membantu proses pencernaan makanan (Irianto 2003).

Peningkatan aktivitas enzim pada saluran pencernaan merupakan dampak populasi bakteri pada saluran pencernaan ikan uji. Peningkatan tertinggi untuk aktivitas enzim protease dan amilase dihasilkan pada perlakuan pakan C (20%). Hal tersebut disebabkan dosis probiotik *Lactobacillus* sp. yang diberikan mampu menghidrolisis tepung dedak padi yang berdampak pada peningkatan aktivitas enzim. Penambahan probiotik dalam pakan bertujuan untuk meningkatkan aktivitas enzim pencernaan ikan nila. Kemampuan

probiotik dalam menghasilkan enzim exogenous untuk pencernaan semakin meningkat, sehingga pemecahan molekul-molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana dapat mempermudah pencernaan dan penyerapan dalam saluran pencernaan ikan.

Ramadhana *et al.*, (2012) menyatakan bahwa pemberian pakan dengan penambahan probiotik *Lactobacillus* mampu meningkatkan kandungan gizi, nilai protein antara 32,48%-34,19% dan menurunkan serat kasar ikan nila dengan nilai antara 5,04%-5,70% dibandingkan tanpa pemberian probiotik. Proses fermentasi menyebabkan persentase jumlah bahan yang bisa dicerna lebih banyak dan penguraian komponen substrat menjadi komponen yang lebih sederhana melalui proses kecernaan pada ikan akan lebih mudah (Zuraida *et al.* 2013).

Simpulan

Pemberian pakan dengan penambahan dedak padi terfermentasi dalam pakan menggunakan *Lactobacillus* sp. sebanyak 15-20% mampu meningkatkan laju pertumbuhan dan aktivitas enzim ikan nila.

Daftar pustaka

- Adeoye AA, Yomla R, Jaramillo TA, Rodiles A, Merrifield DL, Davies SJ. 2016. Combined effects of exogenous enzymes and probiotic on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth, intestinal morphology and microbiome. *Aquaculture*, 463: 61-70.
- Amin M. 2010. Bacterial variation in gastrointestinal tract of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, reared in recirculating aquaculture system and

- active suspension tank. *M.Sc.*, Wageningen Institute of Animal Science (WIAS) Wageningen University.
- Anggraeni NM, Nurlita A. 2013. Pengaruh pakan alami dan pakan buatan terhadap pertumbuhan ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata*) pada skala laboratorium. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(1): 2337-3520.
- Aslamyah S. 2006. Penggunaan mikroflora saluran pencernaan sebagai probiotik untuk meningkatkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan bandeng. *Disertasi*. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Azhari D, Tomaso AM. 2018. Kajian kualitas air dan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dibudidayakan dengan sistem akuaponik. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 3(2): 84-90
- Bergmeyer HV, Grassl MM. 1983. *Method of Enzymatic Analysis 2*. Verlag Chemie, Weinheim. 605 p.
- Charo-Karisa H, H Komen, MA Rezk, RW Ponzoni, JAM van Arendonk, H Bovenhuis. 2006. Heritability estimates and response to selection for growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in low-input earthen ponds. *Aquaculture*, 261(2): 479-486.
- Chilmawati D, Swastawati F, Wijayanti I, Ambaryanto A, Cahyono B. 2018. Penggunaan probiotik guna peningkatan pertumbuhan, efisiensi pakan, tingkat kelulushidupan dan nilai nutrisi ikan bandeng (*Chanos Chanos*). *Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 13(2): 119-125.
- Dhanasekaran D, Saha S, Thajuddin N, Rajalakshmi M, Panneerselvam A. 2009. Probiotic effect of *Lactobacillus* isolates against bacterial pathogens in fresh water fish. *Journal of Coastal Development*, 13(2):103-112.
- Erfanto F, Hutabarat J, Arini E. 2013. Pengaruh substitusi silase ikan rucah dengan persentase yang berbeda pada pakan buatan terhadap efisiensi pakan, pertumbuhan dan kelulushidupan benih ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 2(2): 26-36.
- Effendie MI. 1997. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusatama. Yogyakarta. 157 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2014. *The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and Challenges*. Rome: FAO. 223 p.
- Fitsimmons K, Martinez R, Ramotar P, Tran L. 2012. *Global Production and Market Situation to Climb the Charts*. World Aquaculture Meeting 2012.
- Hadie LE, Dewi RSPS, Hadie W. 2013. Efektivitas strain ikan nila srikandi (*Oreochromis niloticus*) dalam perbenihan skala massal. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 13(1): 13-23.
- Halver JE. 2002. The Vitamins, *In*: JE Halver (editor). *Fish Nutrition*, 3rd ed. Academic Press. New York. pp. 61-141.
- Hardjamulia A, Prihadi TH, Subagyo. 1986. Pengaruh salinitas terhadap pertumbuhan dan daya kelangsungan hidup benih ikan jambal siam (*Pangasius sutchi*). *Buletin Penelitian Perikanan Darat*. 5(1):111-117.
- Hidayat N, Pandaga MC, Suhartini S. 2006. *Mikrobiologi Industri*. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta 198 p.
- Hu Y, Tan BP, Mai KS, Ai QH, Zheng SX, Cheng KM. 2008. Effects of dietary probiotic on growth, immunity and intestinal bacteria of juvenile *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Fishery Sciences of China/Zhongguo Shuichan Kexue*, 15(2): 244-251.
- Ikhwanuddin M, Putra AN, Mustahal. 2018. Pemanfaatan dedak padi fermentasi menggunakan *Aspergillus niger* sebagai bahan baku pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 8(1):79-87.

- Irianto A. 2003. *Probiotik Akuakultur*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 125 p.
- Iribarren D, Dagá P, Moreira MT, Feijoo G. 2012. Potential environmental effects of probiotics used in aquaculture. *Aquaculture International*. 20(4): 779-789.
- Jay JM. 1987. *Food Preservation with Chemicals*. Van Nostrand Company. New York. 254 p.
- Jusadi D, Gandara E, Mokoginta I. 2004. Pengaruh penambahan probiotik *Bacillus* sp. pada pakan komersial terhadap konversi pakan dan pertumbuhan ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*). *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 3(1):15-18.
- Lovell T. 1989. *Nutrition and Feeding of Fish*. Van Nostrand Reinhold. New York. 260 p.
- Nugroho A, Endang A, Tita E. 2013. Pengaruh kepadatan yang berbeda terhadap kelulushidupan dan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada sistem resirkulasi dengan filter arang. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 2(3): 94-100
- Pamungkas D, Anggraeny YN. 2006. Probiotik dalam pakan ternak ruminansia. *Wartazoa*, 16(2): 82-91.
- Puspita D, Prasetyo B, Uktolseja JLA. 2012. *Karotenoid, Senyawa Antioksidan & Flavo*. Pascasarjana Magister Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana. 19 p.
- Putra AN. 2010. Kajian probiotik, prebiotik dan sinbiotik untuk meningkatkan kinerja pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Tesis*. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. 63 p.
- Putra I, Setiyanto DD, Wahyuningrum D. 2011. Pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila *Oreochromis niloticus* dalam sistem resirkulasi. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 16(1):56-63.
- Ramadhana S, Fauzana NA, Ansyari P. 2012. Pemberian pakan komersial dengan penambahan probiotik yang mengandung *Lactobacillus* sp. terhadap pencernaan dan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis Niloticus*). *Fish Scientiae*, 2(4): 178-187
- Rambo, Yustiati A, Dhahiyat Y, Rostika R. 2018. Pengaruh penambahan tepung biji turi hasil fermentasi pada pakan komersial terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 9 (1): 95-103
- Ridha MT, Azad IS. 2012. Preliminary evaluation of growth performance and immune response of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* supplemented with two putative probiotic bacteria. *Aquaculture Research*, 43(6): 843-852.
- Sahwan MF. 2003. *Pakan Ikan dan Udang: Formulasi, Pembuatan, Analisis Ekonomi*. Penebar Swadaya. Jakarta. 96 hlm.
- Wanguyun AP, Alfiah H, Utomo B. 2019. The effects of probiotics feed supplementation on tilapia (*Oreochromis niloticus*) in copper-tainted water. *Ecology, Environment and Conservation*. 25(2): 13-17.
- Yustiati A, Dhahiyat Y, Rostika. R. 2018. Pengaruh penambahan tepung biji turi hasil fermentasi pada pakan komersial terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 9 (1): 95-103
- Zuraida, Jusadi D, Utomo NBP. 2012. Efektifitas penggunaan enzim cairan rumen domba terhadap penurunan serat kasar dan peningkatan pencernaan bungkil kelapa sebagai pakan ikan nila merah *Oreochromis* sp. *Jurnal Akua-kultur Rawa Indonesia* 1(2):117-126.

Efek pembatasan dan pemberian pakan kembali secara berkala terhadap pertumbuhan kompensatori dan faal darah ikan nila merah, *Oreochromis* spp.

[Effect of periodic feed retrictions and refeeding on compensatory growth and blood physiology of of red tilapia (*Oreochromis* spp.)]

Adam Robisalmi*^{1,2}, Kartiawati Alipin¹, Bambang Gunadi²

¹Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km.21 Jatinangor, Sumedang Jawa Barat.

²Balai Riset Pemuliaan Ikan

Jl. Raya 2 Sukamandi Pantura, Subang Jawa Barat

*Korespondensi: adam19002@mail.unpad.ac.id, kartiawati@unpad.ac.id, bbgunadi@gmail.com

Diterima: 8 Oktober 2020; Disetujui: 22 Desember 2020

Abstrak

Ikan nila merah merupakan salah satu jenis ikan yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Peningkatan pertumbuhan dan efisiensi pakan dapat dilakukan dengan strategi pembatasan pakan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh pembatasan dan pemberian pakan kembali secara berkala (setiap minggu) terhadap pertumbuhan kompensatori dan kondisi fisiologis ikan nila merah selama fase pembesaran. Kegiatan dilakukan di Balai Riset Pemuliaan Ikan selama 4 bulan. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap 4 perlakuan dengan 3 kali ulangan yaitu kontrol (ikan diberi pakan setiap hari), 1 (1 hari puasa dalam seminggu), 2 (2 hari puasa dalam seminggu), dan 3 (3 hari puasa dalam seminggu). Pemeliharaan dilakukan pada bak beton ukuran 2 x 1 x 0,8 m³ dengan padat tebar 10 ekor m⁻². Selama masa pemeliharaan 120 hari ikan diberi pakan secara satiasi dua kali sehari. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$) pada nilai pertumbuhan bobot, laju pertumbuhan spesifik, pertumbuhan harian dan nisbah konversi pakan antara kontrol dengan perlakuan lainnya, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan 1. Adapun nilai sintasan tertinggi ditunjukkan perlakuan 1. Nilai faal darah ikan yang diberi pembatasan pakan terdiri sel darah merah, sel darah putih, hematokrit dan hemoglobin menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dibandingkan ikan kontrol ($P > 0,05$) yaitu berada pada nilai normal. Pembatasan pakan 1 hari dalam seminggu menunjukkan pertumbuhan kompensatori parsial dengan efisiensi pakan yang lebih baik dibanding ikan yang diberi pakan setiap hari.

Kata penting: Pembatasan pakan, pertumbuhan kompensatori, faal darah, ikan nila merah.

Abstract

Red tilapia is a one of the economically important fish species. In order to increase growth and feed efficiency, feed restriction strategies can be carried out. This study aims to determine the effect of periodic (weekly) restriction of feed on compensatory growth and physiological responses of red tilapia during the enlargement phase. The activity was carried out at the Fish Breeding Research Center for 4 months. The research method used a completely randomized design (CRD) 4 treatments with 3 replications, namely control (fish were fed daily), 1 (1 fasting day a week), 2 (2 fasting days a week), and 3 (3 fasting days a week). Fish rearing was conducted on the concrete tub measuring 2 x 1 x 0.8 m³ with a stocking density of 10 fish m⁻². During the maintenance period of 120 days the fish were fed satiation twice a day. The results showed significant differences ($P < 0.05$) in the value of weight growth, specific growth rate, daily growth and feed conversion ratio between control and other treatments, but not significantly different from treatment S1. The highest survival value was indicated by S1 treatment. The blood faal values of fish that were given feed restrictions consisting of red blood cells, white blood cells, hematocrit and hemoglobin showed that there was not significantly different than control fish ($P > 0.05$), which was at normal values. Restriction of feed to 1 day a week showed partial compensatory growth with better feed efficiency than fish fed daily.

Key words: feed restriction, compensatory growth, blood physiology, red tilapia.

Pendahuluan

Ikan nila merah merupakan ikan yang banyak digemari di kawasan Asia dan Amerika Latin dan memiliki harga jual yang tinggi dikarenakan warnanya (warna merah) yang menyerupai beberapa spesies ikan laut (Pongthana *et al.* 2010). Pakan merupakan komponen terbesar pada budidaya ikan nila yaitu sekitar 60-70% dari total biaya produksi (Borski *et al.* 2011). Upaya meningkatkan pertumbuhan dan memaksimalkan keuntungan pada budidaya ikan nila merah, memerlukan strategi manajemen pemberian pakan, salah satunya dengan melakukan pembatasan atau mengurangi asupan pakan (Cuvin-Aralar *et al.* 2012). Yengkokpam *et al.* (2013) menyatakan bahwa pembatasan pakan merupakan strategi dalam manajemen pakan yang menarik minat luas budidaya. Strategi ini diyakini bisa menguntungkan karena ada fenomena yang disebut pertumbuhan kompensatori, yaitu terjadinya laju pertumbuhan yang dipercepat sebagai hasil dari pemberian pakan kembali pada ikan yang sesuai setelah jangka waktu tertentu mengalami pembatasan pakan atau terkena paparan kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan untuk tumbuh seperti suhu rendah, oksigen rendah, dan proses reproduksi (Ali *et al.* 2003). Selain itu, pembatasan pakan selama jangka pendek juga dapat mengurangi kematian akibat wabah penyakit, mengatasi kualitas air yang buruk, dan mengurangi stres saat penanganan (Shoemaker *et al.* 2003, Davis & Gaylord 2011). Beberapa hasil penelitian tentang pengaruh pembatasan pakan terhadap per-

tumbuhan kompensatori telah dilaporkan khususnya pada ikan nila, namun hasilnya menunjukkan belum ada yang konsisten, di mana terjadi perbedaan pola pertumbuhan kompensatori yaitu tidak ada pertumbuhan kompensatori (Cuvin-Aralar *et al.* 2012), pertumbuhan kompensatori parsial (Passinato *et al.* 2015) dan terjadi pertumbuhan kompensatori total Gao *et al.* (2015). Perbedaan terjadi dimungkinkan terkait dengan metode pembatasan yang digunakan, kondisi lingkungan, dan kondisi fisiologis ikan.

Pembatasan pakan pada ikan akan dapat menyebabkan kelaparan yang berimplikasi pada terhentinya pertumbuhan dan menyebabkan stress. Kelaparan menyebabkan stres metabolik yang disebabkan oleh perubahan metabolik untuk produksi energi yang lebih tinggi dan mengaktifkan produksi protein fase akut yang melindungi ikan dari kerusakan oksidatif dan sel (Arjona *et al.* 2009). Kelaparan akibat pembatasan pakan diketahui menentukan perubahan signifikan dalam fisiologi tubuh ikan, terutama pada sistem metabolisme, nisbah RNA / DNA dan protein (Navarro & Gutiérrez, 1995; Hung *et al.* 1997), serta tingkat keparahannya dapat bervariasi bergantung kepada usia ikan dan durasi pembatasan pakan (Gutiérrez *et al.* 1991; Echevarría *et al.* 1997). Wendelaar Bonga (1997) bahwa ikan teleostei mampu beradaptasi pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan dengan mengeluarkan respons stres yang khusus. Pada saat ikan tidak diberi pakan, ikan akan menggunakan berbagai perilaku fisiologis sebagai respons

untuk memenuhi kebutuhan metabolisme tubuh dari cadangan energi (Navarro & Gutiérrez 1995).

Selama ini belum banyak laporan mengenai pengaruh pembatasan pakan dengan metode pemuasaan terhadap kan nila merah. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi pertumbuhan kompensatori dan mengetahui faal darah pada ikan nila merah yang diberi perlakuan pembatasan dan pemberian pakan kembali secara berkala (setiap minggu) pada fase pembesaran.

Metode

Kegiatan dilakukan di Balai Riset Pemuliaan Ikan Sukamandi selama 4 bulan pada Mei sampai Agustus 2020. Ikan uji adalah yuwana ikan nila merah generasi pertama (G1) hasil seleksi famili pada tahun 2019. Ikan yang digunakan berukuran panjang $11,47 \pm 0,26$ cm dan bobot tubuh $27,58 \pm 1,00$ g. Wadah pemeliharaan yang digunakan untuk penelitian berupa kolam tembok sebanyak 12 unit dengan ukuran $2 \times 1 \times 1$ m³ yang diisi air bervolume 1500 dm³. Total ikan yang digunakan berjumlah 240 ekor dengan padat tebar untuk setiap wadah yaitu 20 ekor. Sebelum diberi perlakuan ikan diaklimatisasi dengan pakan secara *at satiation* dari bobot biomassa dengan frekuensi 2 kali sehari (pagi dan sore) selama 1 minggu.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak lengkap dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan, yaitu ikan yang diberi pakan terus-menerus (0), ikan yang mendapat lama

pembatasan pakan satu hari dan diberi pakan 6 hari (1), ikan yang mendapat lama pembatasan pakan dua hari dan diberi pakan 5 hari (2), dan ikan yang mendapat lama pembatasan pakan 3 hari dan diberi pakan 4 hari (3), masing-masing secara berkala mingguan selama 120 hari. Selama pemeliharaan ikan diberi pakan komersial berkadar protein 30-32% dengan frekuensi 2 kali sehari (pagi-sore) secara *at satiation*. Untuk menjaga kualitas air dilakukan kegiatan penyiponan dan pergantian air sebanyak 60% setiap dua hari sekali.

Pengukuran pertumbuhan

Kegiatan sampling dilakukan setiap dua minggu sekali meliputi pengukuran panjang dan penimbangan bobot. Parameter yang diamati pada penelitian ini meliputi pertumbuhan mutlak, pertumbuhan harian, laju pertumbuhan spesifik, nisbah konversi pakan, konsumsi pakan, dan sintasan. Jumlah sampel yang diamati sebanyak 10 perulangan. Berikut adalah beberapa rumus yang digunakan.

Pertumbuhan panjang (nilai yang dihasilkan dari selisih antara panjang ikan pada akhir pemeliharaan dengan panjang ikan pada awal penebaran)

$$\Delta L = L_t - L_0$$

L_0 = panjang awal (cm)

L_t = panjang akhir (cm)

Pertumbuhan bobot (perbedaan bobot ikan pada awal penebaran dengan bobot ikan saat pemanenan)

$$\Delta W = W_t - W_0$$

W_0 = bobot awal (g)

W_t = bobot pada waktu t (g)

Pertumbuhan harian (perbedaan bobot ikan pada awal penebaran dengan bobot ikan saat pemanenan dibandingkan dengan waktu pemeliharaan)

$$\text{Pertumbuhan harian} = \frac{W_t - W_0}{t}$$

T = waktu pemeliharaan (hari)

Laju pertumbuhan spesifik (persentase perbedaan bobot ikan pada awal penebaran dengan bobot ikan saat pemanenan dibandingkan dengan waktu pemeliharaan)

$$\text{LPS} = \frac{\ln(W_t) - \ln(W_0)}{t} \times 100\%$$

LPS = Laju pertumbuhan spesifik

Nisbah konversi pakan

$$\text{Nisbah konversi pakan} = \frac{F}{(W_t + D) - W_0}$$

D = bobot ikan yang mati selama pemeliharaan
 F = jumlah pakan yang dikonsumsi

Sintasan (SR)

$$\text{Sintasan} = \frac{N_t}{N_0} \times 100\%$$

N_t = jumlah ikan di akhir pemeliharaan (ekor)
 N_0 = jumlah ikan di awal pemeliharaan (ekor)

Pengukuran biometri

Pengukuran biometri untuk menentukan faktor kondisi ikan (FK), dilakukan pada akhir penelitian dengan mengukur panjang total dan menimbang bobot tubuh akhir masing-masing individu ikan. Kemudian dilakukan pula pengukuran indeks hepatosomatik (HSI) dan indeks viscerosomatik (VSI) dengan cara ikan dibedah dan diambil bagian

hati serta visceral dari masing-masing perlakuan (3 ekor per ulangan).

Faktor kondisi

$$\text{FK} = \frac{W}{L^3} \times 100$$

W = bobot akhir (g)

L = panjang akhir (cm)

Index hepatosomatik (IHS)

$$\text{IHS} = \frac{L_w}{W} \times 100$$

L_w = bobot hati (g)

W = bobot tubuh

Index viscerosomatik (IVS)

$$\text{IVS} = \frac{V_w}{W} \times 100$$

Pengukuran faal darah

Pada akhir pemeliharaan dilakukan pengambilan sampel darah untuk mengevaluasi/meneliti faal darah ikan. Sampel darah diambil pada bagian pangkal ekor menggunakan *syringe* 3 ml yang sudah dibilas dengan cairan anti koagulan EDTA 10%. Darah yang telah diambil, dimasukkan ke dalam tabung eppendorf untuk segera diamati gambaran darahnya. Jumlah ikan yang digunakan sebanyak 12 ekor/perlakuan (3 ekor per masing-masing ulangan). Parameter faal darah yang diamati terdiri atas sel darah merah, sel darah putih, nilai hematokrit, dan kadar hemoglobin.

Perhitungan jumlah sel darah merah menggunakan formula Nabib & Pasaribu (1989) sebagai berikut :

$$\text{Jumlah sel darah merah} = \frac{A}{N} \times \frac{1}{V} \times F_p$$

A = jumlah sel terhitung

V = volume kotak haemocytometer
 N = jumlah kotak haemocytometer yang diamati
 Fp = faktor pengenceran

Pengamatan dan penghitungan jumlah sel darah putih dilakukan berdasarkan prosedur Blaxhall & Daisley (1973). Penghitungan dilakukan pada 5 kotak besar. Jumlah sel darah putih yang terhitung dikonversikan dengan rumus:

$$\text{Jumlah sel darah putih} = \frac{SP}{VKB} \times Fp$$

SP = \sum sel darah putih terhitung
 VKB = volume kotak besar
 Fp = Faktor Pengenceran

Penentuan nilai hematokrit di dalam darah dilakukan dengan metode mikro hematokrit. Nilai hematokrit ditentukan dengan mengukur persentase volume sel darah merah dengan volume total darah menggunakan alat baca mikrohematokrit dan dinyatakan dalam persentase (% Ht) (Anderson & Siwicki 1993).

$$\text{Hematokrit} = \frac{VM}{VT} \times 100$$

VM = Panjang volume sel darah merah yang mengendap
 VT = Panjang total volume darah dalam tabung

Penentuan kadar Hb dilakukan dengan menggunakan metode Hematin asam dengan Hemometer Sahli-Hellige (g/dL). Pembacaan skala dilakukan dengan melihat tinggi permukaan larutan yang dikocok dengan skala lajur g% yang menunjukkan banyaknya Hb dalam gram setiap 100 ml darah dan dinyatakan dalam persentase (% Hb).

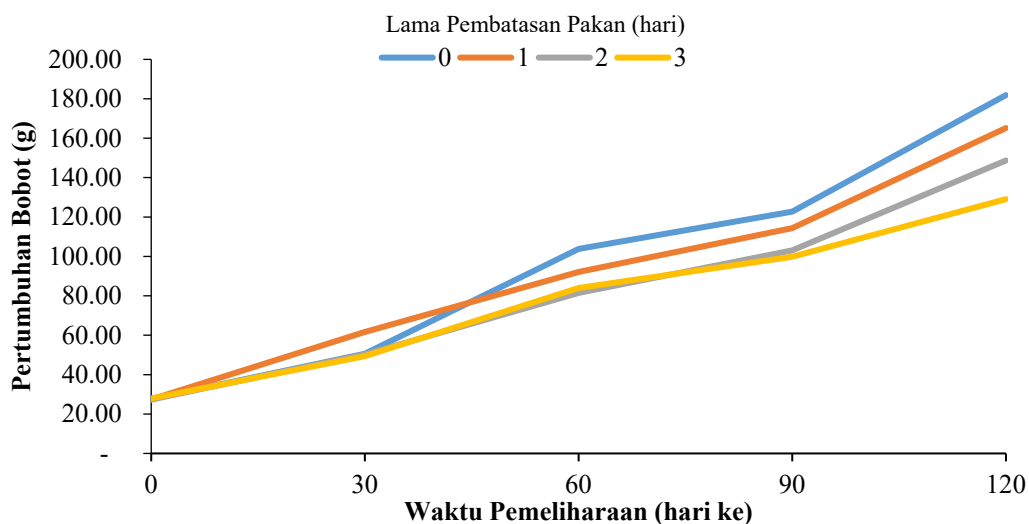
Analisis data

Data yang diperoleh dianalisis metode *Analysis of variance (ANOVA)* yang dilanjutkan dengan uji beda nyata jujur (*Tukey's honestly significance difference*) menggunakan dengan program SPSS 22.

Hasil

Berdasarkan hasil penelitian selama 120 hari diketahui yuwana ikan nila merah mengalami peningkatan bobot setiap bulan sampai akhir pemeliharaan (Gambar 1). Kondisi ini menunjukkan bahwa walaupun ikan diberi pembatasan pakan, namun tetap mengalami peningkatan pertumbuhan, ketika ikan diberi pakan kembali. Pola pertumbuhan tertinggi ditunjukkan perlakuan 0 (ikan yang diberi pakan terus-menerus) dan pertumbuhan terendah ditunjukkan perlakuan 3 (ikan yang diberi pembatasan pakan 3 hari dan diberi pakan 4 hari dalam seminggu). Perlakuan 2 (ikan yang diberi pembatasan pakan 1 hari dan diberi pakan 6 hari dalam seminggu) mempunyai bobot akhir yang tidak berbeda nyata dibanding perlakuan S0 ($P < 0,05$) dan menunjukkan pertumbuhan yang lebih tinggi 9,97 % dan 23,27% dibanding dua perlakuan pembatasan pakan lainnya.

Pada Tabel 1 diketahui hasil pengamatan pertumbuhan yuwana ikan nila merah selama pemeliharaan 120 hari pada berbagai perlakuan pembatasan pakan. Ikan yang diberi pakan terus-menerus / pembatasan pakan 0 hari menunjukkan pertumbuhan panjang dan bobot mutlak tertinggi sebesar $9,34 \pm 1,30$ cm dan $154,24 \pm 7,75$ g, sedangkan pertumbuhan



Gambar 1 Pola pertumbuhan yuwana ikan nila merah selama 120 pemeliharaan

panjang dan bobot mutlak terendah ditunjukkan perlakuan pembatasan pakan 3 hari dengan nilai $7,71 \pm 0,37$ cm dan $101,15 \pm 5,07$ g. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pertumbuhan panjang mutlak pada semua perlakuan menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($P > 0,05$). Hal ini berbeda dengan karakter bobot, di mana pertumbuhan bobot mutlak pada perlakuan lama pembatasan pakan 2 hari dan lama pembatasan pakan 3 hari menunjukkan hasil yang berbeda nyata ($P < 0,05$) dibandingkan lama pembatasan pakan 0 hari. Adapun pada perlakuan 1 hari menunjukkan adanya fenomena pertumbuhan kompensatori, dimana ikan yang diberi pembatasan pakan 1 hari dalam seminggu mempunyai pertumbuhan bobot mutlak yang tidak berbeda nyata dengan populasi ikan yang diberi pakan terus-menerus (0 hari) ($P > 0,05$).

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan karakter biometrik yaitu nilai faktor kondisi

yang menunjukkan indikator kesehatan ikan dilihat dari pertumbuhan dan jumlah konsumsi pakan. Faktor kondisi tertinggi yuwana ikan nila merah pada akhir pemeliharaan dengan nilai $2,25 \pm 0,18$ g cm⁻³ ditunjukkan perlakuan lama pembatasan pakan 0 hari, sedangkan faktor kondisi terendah pada lama pembatasan pakan 3 hari yaitu sebesar $1,81 \pm 0,07$ g cm⁻³ (Tabel 1). Selain faktor kondisi, dilakukan pula pengamatan pada bobot hati dan visceral ikan pada akhir penelitian. Nilai rerata IHS dan IVS tertinggi yaitu $2,24 \pm 0,21\%$ dan $10,72 \pm 0,92\%$ terdapat pada perlakuan kontrol (pembatasan pakan 0 hari) dan nilai rerata terendah pada perlakuan pembatasan pakan 3 hari dalam seminggu yaitu $1,53 \pm 0,14\%$ dan $9,03 \pm 0,50\%$. Hasil analisis statistik diketahui bahwa nilai faktor kondisi dan IHS pada perlakuan kontrol mempunyai nilai berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan perlakuan lama pembatasan pakan 2 hari dan lama pembatasan pakan 3 hari

Tabel 1 Rerata panjang, bobot, pertumbuhan panjang, pertumbuhan bobot, indeks hepatosomatik (IHS), indeks viscerosomatik (IVS), dan faktor kondisi yuwana ikan nila merah

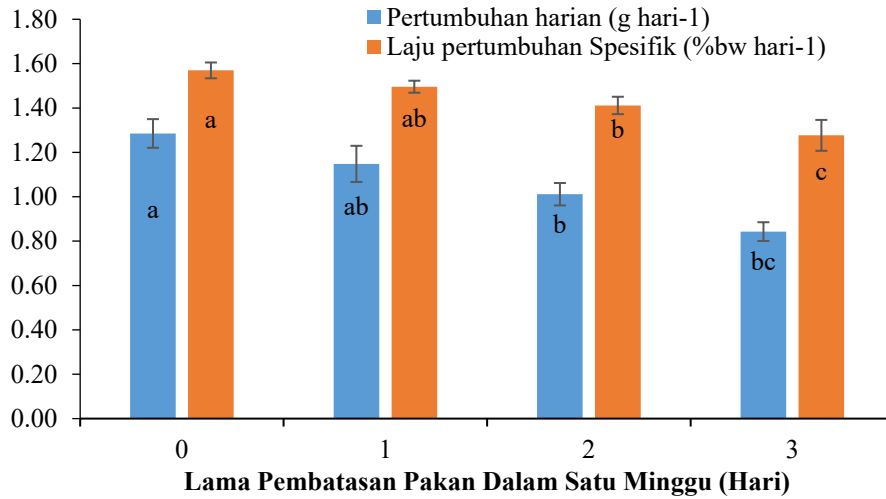
Parameter	Lama pembatasan pakan dalam satu minggu (hari)			
	0	1	2	3
Panjang awal (cm)	11,27±0,34	11,43±0,02	11,65±0,29	11,52±0,22
Panjang akhir (cm)	20,61±1,21	20,32±0,07	20,45±0,34	19,23±0,22
Bobot awal (g)	27,64±0,61	27,41±0,93	27,33±1,19	27,91±1,58
Bobot akhir (g)	181,88±,89	165,18±10,67	148,70±6,50	129,07±3,58
Pertumbuhan panjang (cm)	9,34±1,30a	8,89±0,10a	8,80±0,58a	7,71±0,37a
Pertambahan bobot (g)	154,24±7,75a	137,77±9,78ab	121,37±6,06b	101,15±5,07c
Total konsumsi pakan (g)	4440,79±818,32a	5156,50±215,18a	2639,86±104,74b	2657,10±147,42b
Biomassa (g)	1451,23±786,91b	2748,80±174,14a	1627,03±50,00b	1590,80±50,00b
Indeks hepato somatic (%)	2,24±0,21a	1,91±0,12ab	1,71±0,17b	1,53±0,14b
Indeks viscerosomatic (%)	10,72±0,92a	10,07±0,65a	9,76±0,50a	9,03±0,50a
Faktor kondisi	2,25±0,18a	2,01±0,09ab	1,89±0,03b	1,81±0,07b

*nilai pada baris dengan notasi yang sama menunjukkan hasil tidak berbeda nyata ($P>0.05$)

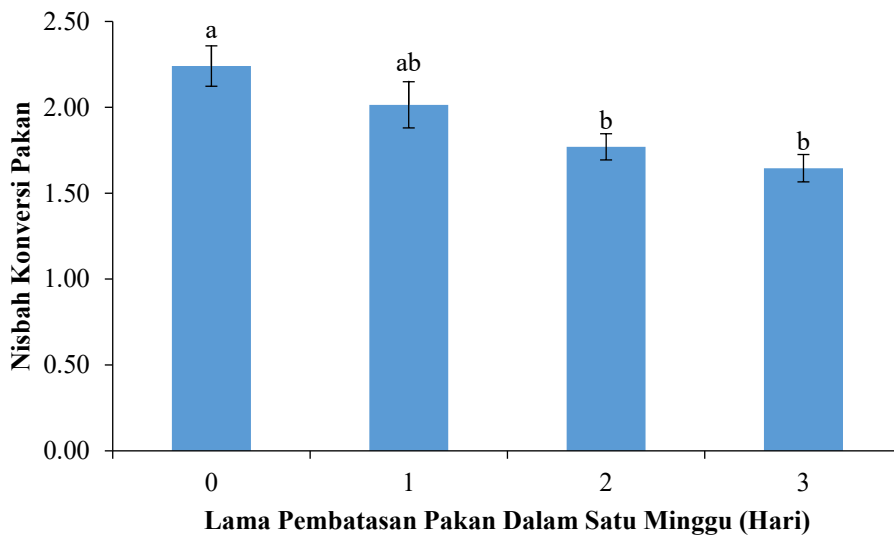
namun tidak berbeda dengan lama pembatasan pakan 1 hari ($P>0,05$). Adapun pada parameter IVS menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ($P>0,05$). Rendahnya nilai FK, IHS dan IVS pada perlakuan lama pembatasan pakan 3 hari akibat terbatasnya jumlah pakan yang dikonsumsi selama pemeliharaan mengakibatkan rendahnya rerata bobot tubuh.

Untuk mengevaluasi pertumbuhan kompensatori dilakukan pula pengamatan parameter pertumbuhan lainnya yaitu nilai pertumbuhan harian, laju pertumbuhan spesifik dan nisbah konversi pakan (Gambar 2 dan Gambar 3). Selaras dengan tingginya pertumbuhan mutlak, hasil penelitian menunjukkan perlakuan kontrol (tanpa pembatasan pakan) mempunyai nilai pertumbuhan harian dan laju pertumbuhan spesifik tertinggi dengan nilai $1,29 \pm 0,06$ g hari⁻¹ dan $1,57 \pm 0,04\%$ bw

hari⁻¹ sedangkan perlakuan lama pembatasan pakan 3 hari mempunyai nilai pertumbuhan harian dan laju pertumbuhan spesifik terendah yaitu sebesar $0,84 \pm 0,04$ g hari⁻¹ dan $1,28 \pm 0,07$ bw hari⁻¹. Tingginya nilai pertumbuhan pada perlakuan kontrol tidak disertai dengan pakan yang efisien; hal ini terlihat dari tingginya nilai nisbah konversi pakan yang dihasilkan yaitu sebesar $2,24 \pm 0,12$ dan rendahnya nilai biomassa pada akhir penelitian yaitu $1451,23 \pm 786,91$ g (Tabel 1). Nilai biomassa tertinggi pada akhir pemeliharaan diperoleh perlakuan pembatasan pakan 1 hari sebesar $2748,80 \pm 174,14$ g. Pada perlakuan lama pembatasan pakan 3 hari, walaupun memiliki nilai nisbah konversi pakan terendah sebesar $1,65 \pm 0,05$ namun tidak diiringi dengan pertumbuhan yang tinggi sehingga pakan yang diberikan tidak efisien untuk meningkatkan pertumbuhan. Adapun untuk



Gambar 2 Pertumbuhan harian yuwana ikan nila merah selama pemeliharaan 120 hari



Gambar 3 Nisbah konversi pakan yuwana ikan nila merah selama pemeliharaan 120 hari

nilai konsumsi pakan, terlihat bahwa pada perlakuan lama pembatasan pakan mempunyai nilai yang lebih tinggi dibandingkan kontrol, dengan jumlah konsumsi pakan tertinggi pada laju pembatasan pakan 1 hari sebesar $5156,50 \pm 215,18$ g sedangkan pada perlakuan kontrol yaitu $4440,79 \pm 818,32$ g.

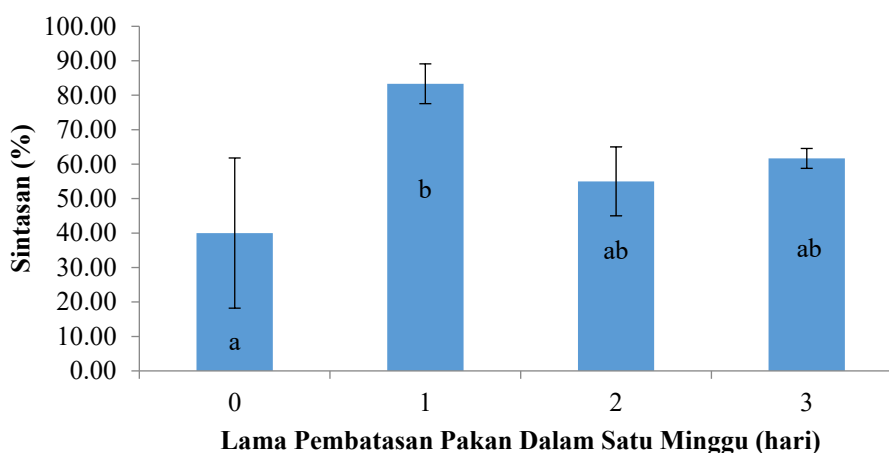
Hasil uji statistik menunjukkan bahwa nilai pertumbuhan harian dan laju pertum-

buhan spesifik pada perlakuan kontrol berbeda nyata dengan perlakuan lainnya ($P < 0,05$) kecuali dengan perlakuan lama pembatasan pakan 1 hari ($P > 0,05$). Hasil uji statistik nilai nisbah konversi pakan menunjukkan perbedaan nyata antara perlakuan kontrol dengan perlakuan lama pembatasan pakan 2 hari dan lama pembatasan pakan 3 hari ($P < 0,05$), sedangkan dengan perlakuan lama pema-

Tabel 2 Rerata nilai faal darah yuwana ikan nila merah pada akhir pemeliharaan 120 hari

Lama pambatasan pakan (hari)	Parameter			
	Sel darah merah sel/(mm ³)	Sel darah putih sel/(mm ³)	Hemoglobin (g dl ⁻¹)	Hematokrit (%)
0	2,08x10 ⁶ ±148492a	9,18 x10 ⁴ ±8697ab	10,40 ±0,84a	32,55±3,04a
1	1,94x10 ⁶ ±381837b	10,17 x10 ⁴ ±14637a	10,10±0,42a	30,90±0,71a
2	1,63 x10 ⁶ ±60104bc	9,06 x10 ⁴ ±3960ab	8,10±0,49b	25,25±0,18b
3	1,47 x10 ⁶ ±449012c	8,40 x10 ⁴ ±10642b	7,10±1,27b	24,25±2,29b

*nilai pada baris dengan notasi yang sama menunjukkan hasil tidak berbeda nyata ($P>0.05$)

**Gambar 4** Sintasan yuwana ikan nila merah selama pemeliharaan 120 hari

tasan pakan 1 hari tidak berbeda nyata ($P>0,05$). Kemudian pada parameter konsumsi pakan terlihat perlakuan kontrol dan pembatasan pakan 1 hari mempunyai hasil yang berbeda nyata dengan perlakuan pembatasan pakan 2 hari dan 3 hari, sedangkan pada parameter biomassa, perlakuan pembatasan pakan 1 hari menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan ketiga perlakuan lainnya ($P<0,05$).

Selama pemeliharaan terjadi tingkat kematian yang fluktuatif antar perlakuan (Gambar 4). Nilai mortalitas tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol dengan sintasan sebesar 40,00±21,79 % dan nilai mortalitas terendah ditunjukkan perlakuan lama pembatasan

pakan 1 hari dengan jumlah ikan hidup tertinggi pada akhir penelitian sebesar 83,33 ± 5,77 %. Tingginya nilai pertumbuhan bobot pada perlakuan kontrol (lama pembatasan pakan 0 hari) tidak disertai dengan tingginya nilai sintasan pada akhir penelitian, hal ini menyebabkan nilai pertumbuhan tinggi pada perlakuan kontrol lebih disebabkan oleh jumlah ikan yang sedikit. Hasil uji statistik menunjukkan perlakuan kontrol mempunyai nilai sintasan yang berbeda nyata dengan perlakuan lama pembatasan pakan 1 hari, sedangkan perlakuan lama pembatasan pakan 2 hari dan lama pembatasan pakan 3 hari mempunyai nilai yang tidak berbeda nyata

baik dengan perlakuan kontrol dan lama pembatasan pakan 1 hari ($P > 0,05$).

Pada penelitian ini diketahui perubahan kondisi fisiologis yuwana ikan nila merah diakhir pemeliharaan mengacu pada nilai faal darah (Tabel 2). Pada parameter jumlah sel darah merah (SDM) diketahui bahwa perlakuan kontrol (0 hari) mempunyai nilai SDM tertinggi sebesar $2,08 \times 10^6$ sel mm^{-3} dan perlakuan lama pembatasan pakan 3 hari menunjukkan nilai SDM terendah sebesar $1,47 \times 10^6$ sel mm^{-3} . Begitu pula dengan kadar hemoglobin dan nilai hematokrit tertinggi ditunjukkan perlakuan tanpa pembatasan pakan (0 hari) masing-masing sebesar $10,40 \text{ g dl}^{-1}$ dan $32,55\%$ sedangkan nilai terendah pada perlakuan lama pembatasan pakan 3 hari yaitu sebesar $7,10 \text{ g dl}^{-1}$ dan $24,25\%$. Adapun pada parameter jumlah sel darah putih (SDP), nilai tertinggi terdapat pada perlakuan lama pembatasan pakan 1 hari yaitu $10,17 \times 10^4$ sel mm^{-3} sedangkan nilai terendah pada perlakuan lama pembatasan pakan 3 sebesar $8,40 \times 10^4 \text{ mm}^{-3}$. Hasil uji statistik nilai faal darah pada parameter sel darah merah yaitu terdapat perbedaan signifikan antara perlakuan kontrol dengan ketiga perlakuan lainnya ($P < 0,05$). Nilai statistik jumlah sel darah putih pada perlakuan lama pembatasan pakan 1 menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol dan lama pembatasan pakan 2 hari, namun terdapat perbedaan signifikan dengan perlakuan lama pembatasan pakan 3 hari. Adapun untuk kadar hemoglobin dan nilai hematokrit perlakuan kontrol dan lama pembatasan pakan 1 hari mempu-

nyai nilai yang tidak berbeda, namun berbeda nyata dengan perlakuan lama pembatasan pakan 2 hari dan lama pembatasan pakan 3 hari ($P < 0,05$)

Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa perlakuan pembatasan pakan satu hari dan pemberian pakan 6 hari secara berkala mingguan mampu mengkompensasi gangguan pertumbuhan selama periode pembatasan pakan dan mencapai bobot akhir tinggi dengan konversi pakan yang rendah (Tabel 1 dan Gambar 3). Hasil ini menunjukkan bahwa pembatasan pakan yang diberikan dapat meningkatkan efisiensi dalam pemanfaatan pakan yang digunakan untuk pertumbuhan. Selain itu, dapat diasumsikan pula bahwa ikan yang mendapat pembatasan pakan selama satu hari tidak berdampak negatif terhadap sistem pencernaan, bahkan cenderung mempunyai kemampuan menyerap nutrisi yang lebih baik pada saat diberi pakan kembali, dibanding ikan yang diberi pakan terus-menerus. Menurut Bolasina *et al.* (2006), perbaikan pertumbuhan dapat dikaitkan dengan adanya peningkatan kapasitas pencernaan ikan selama periode pemberian pakan kembali setelah mengalami kekurangan pakan. Selanjutnya Hayward *et al.* (2000) dan Khotimah (2009) menyatakan bahwa peningkatan pertumbuhan ikan diatur oleh pola makan, protein, dan energi. Ikan yang mengalami kelaparan dapat mengakibatkan penggunaan energi menjadi efisien karena laju metabolismenya menurun, pada saat mendapat pakan

kembali energi yang berasal dari protein pakan akan dimanfaatkan untuk pertumbuhan. Hasil penelitian Gildberg (2004) melaporkan ikan Atlantic cod mempunyai kadar protein yang tinggi pada fase pemberian pakan kembali setelah sebelumnya mengalami periode pembatasan pakan.

Fenomena ini menunjukkan adanya pertumbuhan kompensatori dengan kategori parsial. Hal ini dikarenakan bobot pada perlakuan tersebut masih lebih rendah daripada ikan kontrol (yang diberi pakan terus-menerus), namun mempunyai efisiensi pakan yang lebih baik. Menurut Jobling *et al.* (1994) dan Ali *et al.* (2003), ikan-ikan memiliki respons pertumbuhan kompensatori yang berbeda baik total atau parsial. Pada pertumbuhan kompensatori parsial, ikan belum bisa mencapai ukuran yang sama dengan ikan kontrol, tetapi menunjukkan tingkat pertumbuhan yang relatif cepat, dan memiliki konversi pakan yang lebih baik. Hasil ini selaras dengan laporan Wang *et al.* (2000) bahwa ikan nila hibrid yang dipelihara di air laut mempunyai pertumbuhan kompensatori parsial hasil dari peningkatan konsumsi pakan namun tidak memperbesar nilai nisbah konversi pakan. Begitu pula dengan Radona *et al.* (2016) yang melaporkan bahwa benih ikan nila BEST (*Bogor Enhanced Strain Tilapia*) yang dipuasakan dan diberi pakan secara berkala (jangka pendek) dapat menghasilkan pertumbuhan kompensatori parsial dan mengoptimalkan pemberian pakan. Berbeda dengan Abdel-Hakim *et al.* (2009) yang melaporkan terjadinya pertumbuhan kompen-

satori total pada ikan nila hibrida (*O. niloticus* x *O. aureus*) yang diberi pemuasakan sekali dan dua kali seminggu dan menunjukkan penurunan yang signifikan dalam biaya pakan. Ditambahkan oleh Gabriel *et al.* (2018) bahwa respons pertumbuhan kompensatori ditunjukkan oleh ikan mujair *O. mossambicus* yang dipuasakan 2 hari dan diberi pakan 4 hari secara berkala yaitu menunjukkan nilai pertumbuhan yang tidak berbeda nyata dengan kontrol dan memberikan optimalisasi dalam biaya produksi.

Pertumbuhan kompensatori pada ikan dapat dilihat pula dari parameter pertumbuhan secara umum yaitu pertumbuhan mutlak, pertumbuhan harian dan laju pertumbuhan spesifik. Pada penelitian ini terlihat perlakuan S1 mampu menunjukkan hasil yang positif hampir mendekati perlakuan kontrol (Gambar 1). Meskipun pada ikan nila merah yang mendapat pembatasan pakan satu hari, perlakuan ini belum berhasil menyusul kelompok kontrol pada akhir percobaan. Namun, kelompok yang diberi makan terbatas terus menunjukkan tingkat peningkatan pertumbuhan yang tinggi secara signifikan dalam berat dan panjang, diasumsikan akan sama dan melampaui perlakuan kontrol dengan masa pemeliharaan yang lebih lama. Fu *et al.* (2005) menyatakan bahwa pertumbuhan kompensatori yang rendah pada ikan bisa jadi akibat rendahnya metabolisme basal akibat asupan pakan yang terlalu rendah dan dalam jangka waktu lama. Gao & Lee (2012) melaporkan bahwa pertumbuhan kompensatori yang rendah terjadi pada ikan nila yang diberi

pembatasan pakan dalam jangka waktu lama sampai 4 minggu.

Hasil pertumbuhan kompensatori pada penelitian ini selaras dengan Gao *et al.* (2015) bahwa ikan nila yang dipuaskan 1 hari dalam seminggu mempunyai peningkatan pertumbuhan dengan laju pertumbuhan spesifik yang tidak berbeda nyata dengan ikan yang diberi pakan terus-menerus selama 180 hari pemeliharaan. Pertumbuhan kompensatori dapat dicapai melalui hiperfagia atau dengan kombinasi hiperfagia dan peningkatan efisiensi pakan dan pertumbuhan. Dalam penelitian ini perlakuan lama pembatasan pakan 1 hari mempunyai jumlah konsumsi pakan tertinggi dibanding perlakuan lainnya (Tabel 1). Respons hiperfagia cenderung meningkat dengan peningkatan interval makan, yaitu konsisten dengan tingkat pertumbuhan bobot. Hiperfagia telah dibuktikan pada banyak spesies ikan pada saat diberi pakan kembali setelah periode kekurangan pakan, diantaranya yaitu pada ikan mas dan ikan nila (Xie *et al.* 2001, Abdel-Hakim *et al.* 2009). Hal ini mengindikasikan bahwa siklus pembatasan pakan dan pemberian pakan kembali pakan jangka pendek memang bisa menjadi metode yang berguna dalam mengurangi jumlah pakan tanpa mengorbankan hasil produksi pada budidaya ikan nila.

Dalam penelitian ini diketahui kondisi fisiologis ikan yang diberi pembatasan pakan, mengalami perubahan nilai faal darah selaras dengan lamanya waktu pembatasan pakan yang diberikan secara berkala. Menurut Lim *et al.* (2000), perubahan pada faal darah me-

rupakan salah satu indikator patofisiologi yang menggambarkan kondisi kesehatan dan fisiologi ikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemuasaan 1-3 hari dalam seminggu secara berkala tidak menunjukkan tingkat stress pada ikan, namun lebih menggambarkan kondisi kesehatan ikan. Hal ini tercermin dari tidak adanya peningkatan pada sel darah merah, sel darah putih, kadar hemoglobin dan nilai hematokrit pada ikan nila merah di akhir pemeliharaan (Tabel 2). Hasil yang sama dilaporkan Moustafa & El Kader (2017) pada ikan nila monoseks yang dipuaskan selama 4-15 hari mengalami penurunan pada parameter gambaran darah, namun mengalami tren kenaikan setelah diberi pakan selama 30 hari. Hasil yang berbeda dilaporkan Sakyi *et al.* (2020) bahwa ikan nila yang dipuaskan 3-15 hari menunjukkan kenaikan pada nilai faal darah dibanding kontrol kemudian mengalami penurunan seiring dengan periode pemberian pakan sampai 21 hari. Adapun pada ikan red porgy ketika pemuasaan 14 hari yang dilanjutkan dengan pemberian pakan 7 - 15 hari tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai hematokrit (Caruso *et al.* 2012). Begitu pula laporan Akbary & Jahanbakhshi (2016) pada ikan *Mugil cephalus* yang diberi perlakuan pemuasaan 10 hari menunjukkan penurunan jumlah sel darah merah dan hematokrit, namun mengalami kenaikan jumlah sel darah putih dan kadar hemoglobin.

Periode pembatasan pakan lebih memengaruhi status nutrisi ikan yang selanjutnya berpengaruh terhadap faal darah. Pada saat

ikan dipuaskan terjadi penurunan jumlah sel darah merah, yang berpengaruh terhadap kadar hemoglobin dan nilai hematokrit. Hal ini menunjukkan ada korelasi yang kuat antara hematokrit dan jumlah Hb darah. Semakin rendah jumlah sel darah merah maka semakin rendah pula kandungan hematokrit dan Hb dalam darah. Menurut Wedemeyer & Yasutake (1977) dan Nabib & Pasaribu (1989), salah satu penyebab tingginya jumlah sel darah merah menandakan ikan dalam keadaan stres sedangkan rendahnya jumlah sel darah merah menunjukkan ikan mengalami anemia dan kerusakan organ ginjal. Adapun untuk parameter sel darah putih, walaupun ada kenaikan pada perlakuan pembatasan pakan 1 hari kemudian menurun pada pembatasan pakan 2 dan 3 hari (Tabel 2), jumlah sel darah putih pada ikan nila merah masih tergolong normal. Adanya kenaikan tersebut menunjukkan proses homeostatis ikan dalam merespons pembatasan pakan yang dilanjutkan dengan pemberian pakan kembali. Lagler *et al.* (1977) menyatakan kisaran normal leukosit ikan nila 20.000-150.000 sel mm^{-3} . Adapun Salasia *et al.* (2001) melaporkan bahwa total leukosit normal pada ikan air tawar adalah total 3.390-14.200 mm^3 .

Dalam penelitian ini rendahnya kadar Hb menyebabkan laju metabolisme menurun dan energi yang dihasilkan menjadi rendah. Hal ini membuat ikan menjadi lemah dan tidak memiliki nafsu makan serta terlihat diam di dasar atau menggantung di bawah permukaan air. Siakpere *et al.* (2005) menyatakan bahwa secara fisiologis, hemoglobin menentukan

tingkat ketahanan tubuh ikan dikarenakan hubungannya yang sangat erat dengan daya ikat oksigen oleh darah. Kadar hemoglobin di bawah kisaran kadar hemoglobin ikan normal mengindikasikan ikan mengalami anemia dan meningkatnya kadar hemoglobin menunjukkan ikan berada dalam keadaan stress (Anderson & Swicki 1993).

Selaras dengan sel darah merah, penurunan pada parameter SDM mengakibatkan rendahnya nilai hematokrit pada ikan nila merah. Semakin lama periode pembatasan pakan, maka menyebabkan semakin rendahnya kadar hb dan nilai hematokrit, akibat tidak adanya asupan pakan sehingga ikan mengalami kekurangan energi. Hal ini terjadi karena menurunnya kadar hemoglobin, sehingga ketersediaan oksigen pada jaringan akan berkurang dan menyebabkan terganggunya proses metabolisme. Menurut Angka *et al.* (1985) dan Nabib & Pasaribu (1989), rendahnya nilai hematokrit terjadi apabila ikan terkena penyakit atau nafsu makannya menurun, maka nilai hematokrit akan menjadi rendah. Hematokrit ikan bervariasi bergantung kepada faktor nutrisi dan umur ikan. Benih ikan dengan nutrisi baik mempunyai kadar hematokrit lebih tinggi daripada ikan dewasa atau anak ikan dengan nutrisi rendah, yaitu nilai hematokrit di bawah 30% menunjukkan defisiensi sel darah merah. Walaupun mengalami penurunan, nilai faal darah dalam penelitian ini dapat dikategorikan masih dalam kisaran normal dengan mengacu pada hasil penelitian Hrubec & Smith (2010) yang menyatakan bahwa kadar hemoglobin dL-1

dan nilai hematokrit ikan normal masing-masing berkisar sebesar 5-10 g dan 20-45%.

Simpulan

Ikan nila merah yang diberi pembatasan pakan selama satu hari dan pemberian pakan 6 hari dalam seminggu secara berkala menunjukkan pertumbuhan kompensatori parsial. Faal darah ikan nila merah yang mendapat pembatasan pakan satu sampai 1-3 hari dalam seminggu tidak mengalami stress namun menunjukkan kondisi status nutrisi ikan berdasarkan penurunan nilai faal darah.

Daftar pustaka

- Abdel-Hakim NF, State HAA, Al-Azab AA, El-Kholy KF. 2009. Effect of feeding regimes on growth performance of juvenile hybrid Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*). *World Journal of Agricultural Sciences*, 5(1): 49–54.
- Akbary P, Jahanbakhshi A. 2016. Effect of starvation on growth, biochemical, hematological and non-specific immune parameters in two different size groups of grey mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758). *Acta Ecologica Sinica*, 36(3): 205–211.
- Ali M, Nicieza A, Wooton RJ. 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries*, 4(2): 147–190.
- Anderson DP, Siwicki AK. 1993. Basic hematology and serology for fish health programs. Paper presented in *Second Symposium on Diseases in Asia Aquaculture "Aquatic Animal Health and the Environment" 25-29 October 1993*, Phuket, Thailand. pp. 185-202.
- Angka SL, Wongkar GT, Karwani W. 1985. Blood picture and bacteria isolated from ulcerated and crooked back *Clarias batrachus*. *Biotrop Special Publishing* (2): 129-137.
- Arjona FJ, Vargas-Chacoff L, Ruiz-Jarabo I, Goncalves O, Pascoa I, Rio D, Martin MP, Mancera JM. 2009. Tertiary stress responses in Senegalese sole (*Solea senegalensis*, Kaup 1858) to osmotic challenge: implications for osmoregulation, energy metabolism and growth. *Aquaculture* 287(3-4): 419–426.
- Blaxhall PC, Daisley KW. 1973. Routine haematological methods for use with fish blood. *Journal of Fish Biology*, 5(6): 771–781.
- Bolasina SN. 2006. Cortisol and hematological response in Brazilian codling, *Urophycis brasiliensis* (Pisces, Phycidae) subjected to anesthetic treatment. *Aquaculture International*, 14(6): 569-575.
- Borski RJ, Bolivar RB, Jimenez EBT, Sayco RMV, Arueza RLB, Stark, CR, Ferket PR. 2011. Fishmeal-free diets improve the cost effectiveness of culturing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in ponds under an alternate day feeding strategy. In: Liping L, Fitzsimmons K. (Eds.). *Proceedings of the Nineth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. Shanghai. pp. 95-101.
- Caruso G, Denaro MG, Carus R, Genovese L, Mancari F, Maricchiolo G. 2012. Short fasting and refeeding in red porgy (*Pagrus pagrus*, Linnaeus 1758): Response of some haematological, biochemical and non specific immune parameters. *Marine Environmental Research*, 81: 18–25.
- Cuvin-Aralar LM, Gibbs P, Palma A, Andayog A, Noblefranca L. 2012. Skip feeding as an alternative strategy in the production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linn.) in cages in selected lakes in the Philippines. *Philippine Agricultural Scientist*, 95(4): 378-385.
- Davis KB, Gaylord TG. 2011. Effect of fasting on body composition and responses to stress in sunshine bass.

- Comparative and Biochemical Physiology Part A*, 158 (1): 30-36.
- Echevarría G, Martínez-Bebía M, Zamora S. 1997. Evolution of biometric indices and plasma metabolites during prolonged starvation in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.). *Comparative and Biochemical Physiology Part A*, 118 (1): 111-123.
- Fu SJ, Xie XJ, Cao ZD. 2005. Effect of fasting on resting metabolic rate and postprandial metabolic response *Silurus meridionalis*. *Journal of Fish Biology*, 67(1): 279–285.
- Gabriel NN, Omoregie E, Martin T, Kukuri L, Shilombwelwa L. 2018. Compensatory growth response in *Oreochromis mossambicus* submitted to short-term cycles of feed deprivation and refeeding. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(1): 161-166.
- Gao Y, Lee JY. 2012. Compensatory responses of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* under different feed deprivation regimes. *Fisheries and Aquatic Science*, 15(4): 305-311.
- Gao Y, Wang Z, Hur J, Lee JY. 2015. Body composition and compensatory growth in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* under different feeding intervals. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 33(4): 945-956.
- Gildberg A. 2004. Digestive enzyme activities in starved pre-slaughter farmed and wild-captured, Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture*, 238 (1-4): 343 – 353.
- Gutiérrez J, Pérez J, Navarro I, Zanuy S, Carrillo M. 1991. Changes in plasma glucagon and insulin associated with fasting in sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Fish Physiology and Biochemistry* 9(2): 107-112.
- Hayward RS, Wang N, Noltie DB. 2000. Group holding impedes compensatory growth of hybrid sunfish. *Aquaculture*, 183 (3-4) : 299-305.
- Hrubec TC, Smith SA. 2010. Hematology of fishes. In Weiss DJ, Wardrop KJ (Eds.). *Veterinary Hematology* 6th edition. Wiley- Blackwell Ltd., Publication. pp. 994-1003.
- Hung SSO, Liu W, Li H, Storebakken T, Cui Y. 1997. Effect of starvation on some morphological and biochemical parameters in white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. *Aquaculture*, 151(1-4): 357-363.
- Jobling M. 1994. *Fish Bioenergetics*. Chapman & Hall. London. 310 p.
- Khotimah FH. 2009. Laju metabolisme rutin dan aktivitas enzim protease total pada ikan gurame (*Osphronemus gouramy* Lac.) yang dipuasakan secara periodik. *Tesis*. Pasca Sarjana Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto. 64 p.
- Lagler KF, Bardach JE, Miller RR, Passino, DRM. 1977. *Ichthyology*. John Willey and Sons, Inc. New York-London. 506 p.
- Lim C, Klesius PH, Li MH, Robinson EH. 2000. Interaction between dietary levels of iron and vitamin C on growth, hematology, immune response and resistance of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) to *Edwardsiella ictaluri* challenge. *Aquaculture*, 185 (3-4): 313-327.
- Moustafa EMM, El Kader MFA. 2017. Effects of different starvation intervals and refeeding on growth and some hematological parameters in *Oreochromis niloticus* monosex fries. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(3):171–175.
- Nabib R, Pasaribu FH. 1989. *Patologi dan Penyakit Ikan*. Pusat Antar Universitas Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor. UPT Produksi Media Informasi LSI-IPB. Bogor. 158 p.
- Navarro I, Gutiérrez J. 1995. Fasting and starvation. *Biochemistry and Molecular Biology of Fishes*, 4: 393–434.

- Passinato ÉB, de Magalhães Junior FO, Cipriano FDS, de Souza RHB, de Lima KS, Chiapetti J, Braga LGT. 2015. Performance and economic analysis of the production of Nile tilapia submitted to different feeding management. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(6): 4481–4491 .
- Pongthana N, Nguyen NH, Ponzoni RW. 2010. Comparative performance of four red tilapia strains and their crosses in fresh and saline water environments. *Aquaculture*, 308 (S1): 109–114.
- Radona D, Khotimah FH, Kusmini II, Prihadi H. 2016. Efek pemuasaan periodik dan dan responss pertumbuhan ikan nila best (*Oreochromis niloticus*) Hasil Seleksi. *Media Akuakultur*, 11(2): 59–65
- Sakyi ME, Cai J, Tang J, Xia L, Li P, Abarike ED, Jian J. 2020. Short term starvation and re-feeding in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758): Growth measurements, and immune responses. *Aquaculture Reports*, 16(1): 100-261.
- Salasia SID, Sulanjari D, Ratnawati A. 2001. Studi hematologi ikan air tawar. *Biologi*, 2(12): 710- 723.
- Shoemaker CA, Klesius PH, Lim C, Yildirim M. 2003. Feed deprivation of channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), influences organosomatic indices, chemical composition and susceptibility to *Flavobacterium columnare*. *Journal of Fish Diseases*, 26(9): 553-561
- Siakpere OK, Ake JEG, Idoge E. 2005. Haematological characteristics of african snakehead, *Parachanna obscura*. *African Journal of Biotechnology*. 4: 527-530.
- Wang Y, Cui YB, Yang YX, Cai FS. 2000. Compensatory growth in hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* × *O. Niloticus*, reared in seawater. *Aquaculture*, 189(1-2): 101- 108.
- Wedemeyer GA, Yasutake WT. 1977. Clinical methods for the assessment of the effect on environmental stress on fish health. Technical Papers of the U.S. Fish and Wildlife Service. US Department of the Interior. *Fish and Wildlife Service*, 89: 1-17.
- Wendelaar Bonga SE. 1997. The stress response in fish. *Physiological Reviews*, 77(3): 591-625.
- Xie S, Zhu X, Cui Y, Wooton RJ, Lei W, Yang Y. 2001. Compensatory growth in the gibel carp following feed deprivation: Temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition, *Journal of Fish Biology*, 58(1): 99-109.
- Yengkokpam S, Debnath D, Pal AK, Sahu NP, Jain KK, Norouzitallab P, Baruah K. 2013. Shortterm periodic feed deprivation in *Labeo rohita* fingerlings: effect on the activities of digestive, metabolic and anti-oxidative enzymes. *Aquaculture*, 412-413: 186-192

Hubungan panjang-bobot ikan selar bentong, *Selar crumenophthalmus* (Bloch, 1793): Pengukuran langsung vs pendekatan hirarki bayesian

[Length-weight relationship of bigeye scad, *Selar crumenophthalmus* (Bloch, 1793): Regular vs hierarchical bayesian methods]

BG Hutubessy¹, JW Mosse², VPY Likumahuwa³

¹Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Universitas Pattimura

Jl. Mr. Chr. Soplanit Kampus Poka, Ambon 97233

²Jurusan Budidaya Perairan, Universitas Pattimura

Jl. Mr. Chr. Soplanit Kampus Poka, Ambon 97233

³Mahasiswa PS Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Universitas Pattimura

Jl. Mr. Chr. Soplanit Kampus Poka, Ambon 97233

*Korespondensi: gracehutubessy@gmail.com, bwmosse@yahoo.co.id, jhosuavently21@gmail.com

Diterima: 19 Agustus 2020; Disetujui: 29 Desember 2020

Abstrak

Pengelolaan perikanan atau konservasi memerlukan informasi tentang bobot ikan untuk estimasi biomassa dan regulasi penangkapan. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan hubungan panjang-bobot hasil pendekatan hirarki bayesian dengan pengukuran regresi langsung ikan selar bentong, *Selar crumenophthalmus*. Ikan selar bentong dikoleksi dari lima tempat pendaratan ikan di Pulau Ambon dari bulan Maret hingga Agustus 2020. Pengukuran panjang total dan bobot ikan selar bentong bertujuan untuk memperoleh hubungan panjang-bobot dengan formulasi $W = a \cdot L^b$. Uji *general linear model* dipakai untuk menguji parameter b (kemiringan) pada bulan pengamatan yang berbeda. Uji-t satu sampel dipakai untuk menguji pertumbuhan isometrik ($b=3$). Hasil penghitungan hubungan panjang-bobot berdasarkan pengukuran langsung dibandingkan dengan hasil estimasi dengan pendekatan bayesian dan diuji dengan uji-t. Nilai parameter b dari pengamatan langsung tidak berbeda untuk bulan pengamatan ($F = 0,77$, $df = 70$, $P = 0,89$) dan ikan selar memiliki pola pertumbuhan isometrik, $b=3$ ($t = -1,13$, $df = 4$, $P = 0,32$). Pengukuran regresi langsung memperoleh parameter $\log_{10}(a) = -1,99$ ($\pm sb = 1,06$) dan $b = 3,06$ ($\pm sb = 0,084$). Metode Bayesian menghasilkan parameter $\log_{10}(a) = -2,07$ ($\pm sb = 0,2365$) dan parameter $b = 3,21$ ($\pm sb = 0,1497$). Estimasi bobot dengan pendekatan bayesian terlalu tinggi ($t = 1,65$; $df = 405$; $P < 0,0001$), memungkinkan timbulnya bias pada pendugaan biomassa. Hasil ini berarti metode bayesian adalah over estimasi, sehingga perlu banyak data dan info yang digabung untuk menekan bias dalam mengestimasi hubungan panjang-bobot dan biomassa.

Kata penting: hubungan panjang-bobot, metode bayesian, selar bentong

Abstract

Fisheries management or conservation requires information on length-weight relationship (LWR) for the fishing regulation and biomass estimation. This study aims to assess LWR estimation using two methods, regular and Bayesian hierarchical approached for big-eye Scad (*Selar crumenophthalmus*). Samples of big eye Scad were collected at several fish landings around Ambon Island from March to August 2020. Length-weight relationship measurement to obtain the parameters of $W = a \cdot L^b$ was tested using generalized linear model and t-test. The parameter b for monthly sampling was not significantly different ($F = 0.77$, $df = 70$, $P = 0.89$) and showed isometric growth $b=3$ ($t = -1.13$, $df = 4$, $P = 0.32$). Regular measurement resulted parameter $\log_{10}(a) = -1.99$ ($\pm SD = 1.06$) dan $b = 3.06$ ($\pm SD = 0.084$). Bayesian method produced parameter $\log_{10}(a) = -2.07$ ($\pm SD = 0.2365$) dan parameter $b = 3.21$ ($\pm SD = 0.1497$). Weight measurement from HB approach was significantly higher than the regular method ($t = 1.65$; $df = 405$; $P < 0.0001$), and might produce over-estimated of weight from length data. Discrepancy of these methods was overcome by combining all information of LWR to obtain the best estimation on LWR parameters.

Keywords: Bayesian method, big eye Scad, length-weight relationship.

Pendahuluan

Kaidah utama hubungan panjang-bobot (HPB) ikan adalah bobot (W) diprediksi dari nilai panjang (L) melalui persamaan $W = aL^b$. Parameter $\text{Log}_{10}(a)$ diasumsikan tersebar secara normal ($\text{log}_{10}(a) = 2$ dan $\pm sb = 1$) serta mencerminkan bentuk tubuh dan kondisi suatu jenis ikan (Froese 2006). Dengan panjang dalam cm dan bobot dalam gram, parameter $a = 0,01$ untuk ikan berbentuk fusiform (tinggi dan lebar tubuh hampir sama, kedua ujung meruncing). Parameter $a = 0,001$ untuk ikan berbentuk memanjang seperti belut dan $a = 0,1$ untuk ikan bentuk pipih ventral (Froese 2006). Ikan selar berbentuk pipih lateral secara moderat (Smith-Vaniz *et al.* 1990) dan termasuk dalam ikan berbentuk fusiform dengan parameter $a=0,01$. Parameter b mengindikasikan pola pertumbuhan isometrik jika $b \sim 3$, dan pertumbuhan alometrik jika $b \neq 3$. Publikasi hasil HPB berbagai jenis ikan telah dilakukan hampir di semua negara sejak tahun 1908 (Froese 2006) dan merupakan informasi yang penting dalam ilmu perikanan khususnya dalam pendugaan stok ikan yang dieksploitasi.

Hubungan panjang-bobot (HPB) telah dipakai untuk mengkaji populasi dan komunitas di dalam ilmu pengetahuan perikanan sejak abad 20-an (Froese 2006). Pengertian tentang perubahan bobot mengikuti fungsi panjang adalah informasi dasar bagi ahli perikanan untuk menyimpulkan struktur umur ikan (Jellyman *et al.* 2013), menghitung laju pertumbuhan (Hansen & Closs 2009), model bioenergetik (Hayes *et al.* 2000) atau

menghitung aspek lain dari dinamika populasi ikan (Safran 1992). Pengetahuan HPB dibutuhkan untuk: 1) estimasi bobot dari panjang ikan ketika terjadi keterbatasan waktu dan teknis yang terjadi selama di lapangan; 2) dipakai dalam model pendugaan stok dengan mengubah pertumbuhan panjang menjadi pertumbuhan bobot (Bajer & Hayward 2006), 3) estimasi biomassa komunitas ikan dari data panjang dan spesies (Greig *et al.* 2010), 4) estimasi kondisi ikan (Hiddink *et al.* 2011); dan 5) membandingkan karakteristik siklus hidup ikan (Fonseca & Cabral 2007). Sekarang ini penghitungan HPB lebih populer untuk kebutuhan no 4 yaitu estimasi kondisi ikan (contohnya: Ndiaye *et al.* 2015; Jisr *et al.* 2018; Bharadhirajan *et al.* 2019). Selain itu ada juga yang beranggapan bahwa HPB adalah pengetahuan yang kurang penting (contohnya Hilborn & Walters 1992).

Hasil penelitian HPB yang telah sangat banyak tersebut memprakarsai Froese *et al.* (2014) menggunakan pendekatan Hirarchical Bayesian untuk mengestimasi HPB. Penghitungan biomassa dari visual sensus ikan, atau pendugaan stok dengan *echosounder*, estimasi bobot dapat diperoleh dari konversi panjang. Metode bayesian dikembangkan dari hasil penelitian HPB terhadap 3587 species dalam 357 famili yang terdata pada *FishBase* (Froese & Pauly 2019). Hasil HPB yang telah dipublikasikan ini kemudian menimbulkan beberapa pertanyaan: (i) jika sudah ada banyak penelitian untuk satu jenis ikan, bagaimana informasi yang banyak ini digabungkan untuk memberikan suatu arti? (ii) Jika hanya

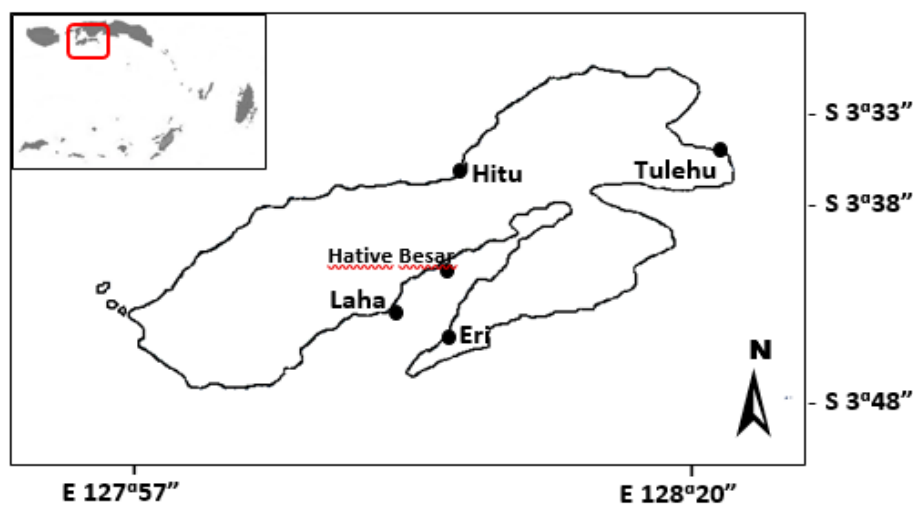
1 hasil penelitian saja, bagaimana hasil tersebut dapat cocok dipakai jika ternyata ada keberagaman? (iii) Bagaimana semua penelitian ini menginformasikan nilai HPB dari data yang baru? Froese *et al.* (2014) mengestimasi HPB dari pendekatan bayesian dan diharapkan dapat menjadi suatu cara atau alat yang siap dipakai untuk mengestimasi bobot yang dikonversi dari data panjang.

Dengan tersedianya cara atau *tool* yang siap pakai dan dapat diaplikasikan secara daring pada *FishBase.org*, apakah kita masih perlu melakukan pengamatan terhadap HPB secara langsung? Untuk menjawab pertanyaan di atas, penelitian ini bertujuan untuk menguji hasil estimasi metode bayesian dengan pengukuran HPB yang secara langsung dilakukan. Ikan selar bentong (*Selar crumenophthalmus*) dipilih mengingat tingkat eksploitasi di perairan Pulau Ambon sangat tinggi sehingga perlu dilakukan pengelolaan perikanan yang cukup intensif terhadap jenis ikan ini (Matakupan & Tuapetel 2017).

Bahan dan metode

Pengambilan sampel ikan selar bentong (*Selar crumenophthalmus*) secara acak dilakukan pada lima lokasi pendaratan ikan (Gambar 1: titik hitam) setiap bulan dari bulan Maret hingga Agustus 2020. Pengambilan sampel dilakukan setelah mendapatkan informasi dari nelayan tentang keberadaan ikan selar bentong. Ikan kemudian dipilih secara acak mewakili berbagai ukuran dan merupakan hasil tangkapan nelayan yang menggunakan jaring insang hanyut, pukat cincin, serta bagan apung.

Panjang total (cm) dan bobot ikan (g) merupakan variabel utama yang diamati. Sampel ikan ditabulasi menurut bulan pengamatan. Persamaan hubungan panjang-bobot yang digunakan adalah $W = aL^b$. Persamaan non-linier membutuhkan transformasi logaritma (\log_{10}) pada kedua variabel untuk mendapatkan persamaan linier $\text{Log}_{10}(W) = \log_{10}(a) + b \log_{10}(L)$.



Gambar 1 Pulau Ambon, Provinsi Maluku, dan lokasi pendaratan ikan selar bentong (*Selar crumenophthalmus*)

General Linear Model (GLM) digunakan untuk menguji parameter b setiap bulan pengamatan melalui program statistik SPSS 25 (IBM Corporation 2017). Dari persamaan $\text{Data} = \text{model} + \text{Error}$ (Rutherford 2012), model sederhana yang dipakai adalah :

$$\text{Log}_{10}(W) = \text{Log}_{10}(a) + b_i \text{Log}_{10}(L) + b_{ij} \text{Log}_{10}(L) * \text{bulan} + \text{error}$$

Jika parameter b tidak signifikan untuk setiap bulan pengamatan ($\text{sig.} > 0,05$), maka semua data dapat digabungkan. Selanjutnya adalah menguji pertumbuhan isometrik. Pengujian parameter $b=3$ dilakukan dengan menggunakan *one sample T-test* (SPSS 25).

One sample T-test juga dipakai untuk membandingkan variabel bobot hasil pengukuran langsung dan estimasi bobot berdasarkan pendekatan Hirarki Bayesian (HB). Hubungan panjang-bobot dengan pendekatan HB merupakan hasil penelitian Froese *et al.* (2014) dan dapat ditemukan pada laman *fishbase.org*. Khusus ikan selar bentong (*Selar crumenophthalmus*), hasil analisis HPB dapat dilihat pada laman:

<https://www.fishbase.se/popdyn/LWRRelationShipList.php?ID=387&GenusName=Selar&SpeciesName=crumenophthalmus>.

Jika terjadi perbedaan yang signifikan pada estimasi bobot hasil kedua metode, maka solusi yang dilakukan adalah penggabungan semua data, termasuk hasil penelitian yang telah dipublikasikan tetapi belum tercatat pada *fishbase.org*. Tipe panjang yang dipakai adalah panjang total (TL), maka standarisasi TL dilakukan dengan konversi

$TL = 1,15 * FL$ dan $TL = 1,68 * SL$ (Froese & Pauly 2019). Korelasi negatif antara $\log_{10}(a)$ dan b semua informasi HBP ikan selar bentong digunakan untuk mengurangi *outlier* dan mendapatkan nilai rata-rata parameter a dan b yang baru.

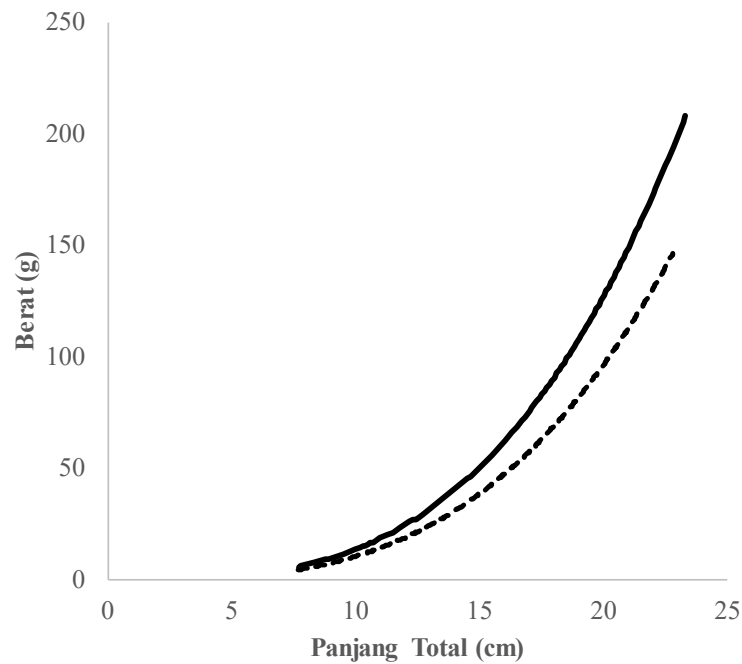
Hasil

Sebanyak 428 individu ikan diukur untuk penghitungan HPB. Parameter HPB hasil analisis pada bulan pengamatan yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 1. Jumlah sampel yang diamati tidak sama setiap bulannya. Terdapat jumlah sampel yang sangat sedikit pada bulan April (15 ikan) dan Agustus (21 ikan) karena hanya dilakukan satu kali pengambilan data. Sampel terbanyak pada bulan Mei dan Juni, sebanyak 170 dan 128 individu ikan. Walaupun jumlah sampel berbeda, hasil analisis perbedaan parameter b tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan ($F = 0,77$, $df = 70$, $P = 0,89$). Hasil uji-t pertumbuhan isometrik ikan selar bentong adalah tidak signifikan terhadap $b=3$ ($t = -1,13$, $df = 4$, $P = 0,32$). Hasil analisis statistik ini mengindikasikan penggabungan data secara keseluruhan tanpa harus memisahkan menurut bulan pengamatan. Kurva hubungan panjang bobot secara keseluruhan didukung oleh parameter $a = 0,0071$ dan $b = 3,18$ ($N = 428$, $R^2 = 0,97$, $P < ,05$).

Metode Hirarki Bayesian menghasilkan parameter $\log_{10}(a) = -2,07$ ($\pm sb = 0,2365$) dan parameter $b = 3,21$ ($\pm sb = 0,1497$). Metode regresi langsung menghasilkan parameter $\log_{10}(a) = -2,15$ ($\pm sb = 0,7$) dan $b = 3,18$ ($\pm sb$

Tabel 1 Parameter HPB dan koefisien regresi ikan selar bentong (*Selar crumenophthalmus*) pada bulan Maret sampai Agustus 2020 di perairan Pulau Ambon

Bulan	N	A	b	R ²	P
Maret	33	0,036	2,61	0,57	0,0001
April	15	0,055	2,46	0,54	0,0001
Mei	170	0,007	3,15	0,96	0,0001
Juni	128	0,024	2,77	0,72	0,0001
Juli	69	0,007	3,19	0,85	0,0001
Agustus	21	0,0013	3,74	0,91	0,0001

**Gambar 2** Kurva hubungan panjang-bobot HPB ikan selar bentong (*Selar crumenophthalmus*) hasil pengukuran reguler (garis putus) dan hasil estimasi Hirarki Bayesian (garis tebal).

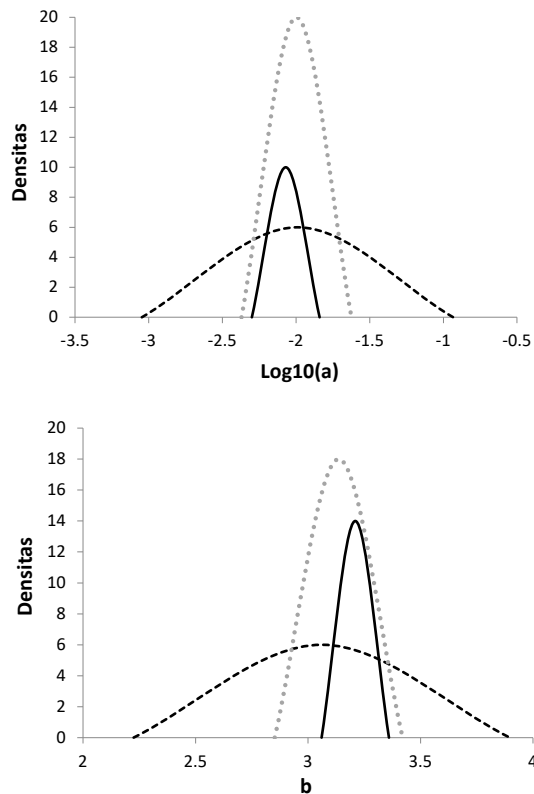
= 0,55). Uji-t menunjukkan hasil yang tidak berbeda untuk parameter $\log_{10}(a)$ ($t = -1,04$, $p = 0,44$) dan parameter b ($t = 0,21$, $p = 0,41$). Namun kedua metode menghasilkan perbedaan simpangan baku (sb) yang cukup signifikan, metode regresi langsung menunjukkan simpangan yang lebih besar. Sebagai akibat, hasil estimasi bobot dengan pendekatan bayesian lebih tinggi dibandingkan metode

langsung ($t = -46,9$; $df = 427$; $P < ,0001$). Hasil ini mengindikasikan perubahan bentuk tubuh yang berbeda antara kedua metode pengukuran (Gambar 2).

Untuk mengatasi perbedaan hasil HPB dari kedua metode, kami memanfaatkan semua informasi yang dapat dikumpulkan (Tabel 2). Koefisien determinasi (R^2) antara parameter $\log_{10}(a)$ dan parameter b yang

Tabel 2 Parameter a dan b hubungan panjang bobot ikan selar bentong (*Selar crumenophthalmus*) yang diperoleh dari hasil penelitian yang terpublikasi, Pustaka No, 1-16 dipakai pada metode Hirarki Bayesian dan No, 17-22 merupakan hasil pengukuran langsung pada penelitian ini, Selebihnya adalah pustaka terbaru

No	a	b	Kelamin	L _{min} cm	L _{max} cm	R ²	n	Lokasi	Tahun	Pustaka
1	0,0115	3,18	Campuran	15	30	0,929	747	North Marianas		<i>fishbase.org</i>
2	0,0133	3,23	Campuran	10,5	21,3	0,966	36	Philippines	1977-78	<i>fishbase.org</i>
3	0,0100	3,32	Campuran					Philippines	1988-89	<i>fishbase.org</i>
4	0,0029	3,57	Campuran	8	26		448	Cape Verde	1984	<i>fishbase.org</i>
5	0,0085	3,29	Campuran	5	23		135	Cuba		<i>fishbase.org</i>
6	0,0202	3,00	Campuran	9	26			Indonesia		<i>fishbase.org</i>
7	0,0263	3,01	Campuran	15	22,8		50	Colombia	1995-97	<i>fishbase.org</i>
8	0,0215	2,982	Campuran	18	27,5	0,933	34	New Caledonia		<i>fishbase.org</i>
9	0,0046	3,259	Campuran	6,7	25,5	0,982	1104	Réunion Is,		<i>fishbase.org</i>
10	0,0130	3,024	Jantan	12,6	15,7	0,815	23	Yemen	1993-96	<i>fishbase.org</i>
11	0,0112	3,194	Campuran	18	27,5	0,933	34	New Caledonia		<i>fishbase.org</i>
12	0,0050	3,28	Campuran	11,5	22,8	0,962	31	Mexico	2005-2007	<i>fishbase.org</i>
13	0,0060	3,176	Campuran	12	31,4	0,943		Colombia	2012-2013	<i>fishbase.org</i>
14	0,0052	3,44	Campuran	14,1	27,5	0,98	606	Guam	2009-2013	<i>fishbase.org</i>
15	0,0126	3,301	Campuran	14	20	0,982	12	Philippines	2009-2012	<i>fishbase.org</i>
16	0,0070	3,173	Campuran	9,1	23,2	0,973	228	Indonesia	2016	<i>fishbase.org</i>
17		2,984	Betina	7,7	24,5		143	Maldive	2012-2013	(Adeep, 2017)
18	0,0339	2,857	Campuran				250	Indonesia	2015	(Siwat et al, 2016)
19	0,0395	2,605	Campuran	11,4	23	0,8585	216	Indonesia	2019	Lakotany 2020
20	0,0071	3,18	Campuran	7,7	23,3	0,979	428	Indonesia	2020	Sekarang



Gambar 3 Distribusi parameter a dan b untuk 6 HPB hasil pengamatan langsung dengan rata-rata $a = 0,01023$ dan $b = 3,01$ ditunjukkan oleh kurva normal bergaris putus tebal. Distribusi parameter a dan b untuk 16 HPB yang dipakai untuk pendekatan Bayesian dengan rata-rata $a = 0,0085$ dan $b = 3,21$ ditunjukkan oleh kurva bergaris tebal. Distribusi parameter a dan b untuk 29 HPB penggabungan semua informasi dengan rata-rata $a = 0,01001$ dan $b = 3,11$ ditunjukkan oleh garis putus tipis.

dipakai pada pendekatan HB adalah 0,65 dan 0,99 untuk pengukuran langsung. Setelah *outlier* dikeluarkan, koefisien determinasi dari semua informasi HPB adalah 0,91 dengan parameter $\log_{10}(a) = -2,0$ ($\pm sb = 0,39$) dan parameter $b = 3,11$ ($\pm sb = 0,29$). Distribusi parameter $\log_{10}(a)$ dan b dapat dilihat pada Gambar 3.

Pembahasan

Biomasa populasi ikan merupakan komponen penting pada banyak penelitian termasuk penelitian permodelan bioenergi, ekosistem dan populasi serta studi rantai makanan

(Kimmerer *et al.*, 2005). Program pemantauan kelimpahan dan persebaran ikan umumnya hanya melakukan pengukuran panjang atau lebih dikenal dengan *length-based model* (Thorson *et al.*, 2015, Andersen *et al.* 2016, Froese *et al.*, 2018) sehingga ukuran bobot kurang dipakai dalam protokol sampling. Lebih mudah mengukur panjang ikan langsung setelah ditangkap dan kemudian melepaskannya kembali ke alam daripada menimbang bobot ikan yang lebih sulit dan menyita waktu. Hasil akurasi penimbangan bobot dapat berkurang akibat angin atau pergerakan kapal. Alternatifnya, beberapa ikan sebagai

subsampel dimatikan dan dibawa ke laboratorium untuk pengukuran seperti yang umumnya dilakukan pada pengukuran secara standar untuk analisis HPB. Selain menyita waktu, alternatif ini juga membutuhkan biaya. Solusi untuk mengatasi hal ini adalah dengan mengestimasi bobot dari HPB yang telah dikembangkan untuk suatu jenis ikan (contohnya Jennings *et al*, 2004; Hilborn *et al*, 2011). Oleh sebab itu, semua hasil pengukuran HPB harus dapat dipakai untuk memudahkan estimasi bobot.

Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa ikan selar bentong termasuk dalam ikan dengan bentuk tubuh fusiform dan memiliki pertumbuhan yang isometrik ($b=3$), Pertumbuhan ikan selar bentong dari perairan Kwandang, Gorontalo juga isometrik (Chodriyah & Faizah 2019) sedangkan dari perairan Semarang, Jawa Tengah memiliki pertumbuhan yang alometrik negatif (Siwat *et al*, 2016), sama halnya dengan ikan selar dari perairan Maladewa atau Maldive (Adeep 2017). Bervariasinya hasil pengukuran HPB sangat tergantung pada musim, populasi, dan perbedaan kondisi lingkungan (Froese 2006). Variasi antara lokasi dan waktu sampling menjadi penting dan tidak bisa diabaikan dalam penerapan HPB (Kimmerer *et al*, 2005). Bias dapat diminimalkan jika parameter HPB dikoleksi pada waktu dan lokasi yang sama (Kimmerer *et al*, 2005).

Pengukuran PHB dengan pendekatan metode Hirarki Bayesian (Froese *et al*, 2014) memanfaatkan hasil penelitian sebelumnya untuk menyediakan parameter HPB yang

dapat dipakai sebagai cara untuk mengestimasi bobot ikan. Namun hasil uji kami menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara metode standar menggunakan hasil pengukuran langsung dan metode bayesian. Jika kita menggunakan pendekatan Bayesian, estimasi bobot yang dihasilkan terlalu besar yang kemudian dapat mengurangi akurasi hasil pendugaan biomassa populasi ikan. Sementara pengukuran reguler menghasilkan variabilitas sampling yang besar jika jumlah sampel tidak banyak dengan kisaran ukuran yang bervariasi untuk jenis ikan dengan kelimpahan yang tinggi seperti ikan selar bentong. Solusi yang diambil adalah menggabungkan semua hasil pengukuran HPB yang telah dilakukan termasuk pengukuran reguler hasil penelitian ini agar dapat memperkecil variabilitas parameter HPB.

Simpulan

Estimasi bobot ikan dengan pendekatan bayesian cukup akurat jika didukung oleh informasi parameter PHB hasil pengukuran langsung dari musim, jenis kelamin, dan lokasi yang berbeda, Semakin banyak informasi yang dirangkum dan dianalisis, semakin kecil penyimpangan rata-rata parameter PHB. Hubungan panjang-bobot ikan selar bentong (*Selar crumenophthalmus* Bloch 1793) dengan parameter $a = 0,01001$ dan $b = 3,11$ dapat menjadi solusi untuk mengestimasi bobot jika pengukuran secara langsung tidak memungkinkan.

Daftar pustaka

- Adyp S. 2017. *Biology and consumption trend of bigeye scad*. Desertation of School of Biological Science, Universiti Sains Malaysia: Penang, Malaysia.
- Andersen KH, Blanchard JL, Fulton EA, Gislason H, Jacobsen NS, Van Kooten T. 2016. Assumptions behind size-based ecosystem models are realistic. *ICES Journal of Marine Science*, 73(6): 1651–1655. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv211>.
- Bajer PG, Hayward RS. 2006. A combined multiple-regression and bioenergetics model for simulating fish growth in length and condition. *Transactions of the American Fisheries Society*, 135(3): 695–710. <https://doi.org/10.1577/t05-006.1>.
- Bharadhirajan P, Mahadevan G, Murugesan P, Murugan S, Pouladi M, Naderi RA. 2019. Relative condition factor, length-weight relationship, and growth of three-spotted flounder, *Pseudorhombus triocellatus* from Parangipettai Coast, India. *Biodiversitas*, 20(2): 373–379. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200210>.
- Chodriyah U, Faizah R. 2019. Biologi reproduksi selar bentong (*Selar crumenophthalmus* Bloch, 1793) di Perairan Kwandang, Gorontalo Utara. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*, 10(3): 169. <https://doi.org/10.15578/bawal.10.3.2018.169-177>.
- Fonseca VF, Cabral HN. 2007. Are fish early growth and condition patterns related to life-history strategies? *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 17(4): 545–564. <https://doi.org/10.1007/s11160-007-9054-x>.
- Froese R, Pauly D. 2019. *FishBase. World Wide Web electronic publication*. .
- Froese R, Thorson JT, Reyes RB. 2014. A Bayesian approach for estimating length-weight relationships in fishes. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(1): 78–85. <https://doi.org/10.1111/jai.12299>
- Froese R, Winker H, Coro G, Demirel N, Tsikliras AC, Dimarchopoulou D, Scarcella G, Probst WN, Dureuil M, Pauly D. 2018. A new approach for estimating stock status from length frequency data. *ICES Journal of Marine Science*, 75(6): 2004-2015 <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy078>.
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4): 241–253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>.
- Greig HS, Niyogi DK, Hogsden KL, Jellyman PG, Harding JS. 2010. Heavy metals: Confounding factors in the response of New Zealand freshwater fish assemblages to natural and anthropogenic acidity. *Science of the Total Environment*, 408(16): 3240–3250. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.04.006>.
- Hansen EA, Closs GP. 2009. Long-term growth and movement in relation to food supply and social status in a stream fish. *Behavioral Ecology*, 20(3): 616–623. <https://doi.org/10.1093/beheco/arp039>.
- Hayes JW, Stark JD, Shearer KA. 2000. Development and test of a whole-lifetime foraging and bioenergetics growth model for drift-feeding brown trout. *Transactions of the American Fisheries Society*, 129(2): 315–332. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(2000\)129<0315:datoaw>2.0.co;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(2000)129<0315:datoaw>2.0.co;2).
- Hiddink JG, Johnson AF, Kingham R, Hinze H. 2011. Could our fisheries be more productive? Indirect negative effects of bottom trawl fisheries on fish condition. *Journal of Applied Ecology*, 48(6): 1441–1449. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02036.x>.

- Hilborn R, Rochet M-J, Collie JS, Jennings S, Hall SJ. 2011. Does selective fishing conserve community biodiversity? Predictions from a length-based multi-species model. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 68(3): 469–486. [https://doi.org/ 10.1139/F10-159](https://doi.org/10.1139/F10-159).
- Hilborn R, Walters CJ. 1992. Quantitative fisheries stock assessment. *Quantitative Fisheries Stock Assessment*, 49(0): 6221. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3598-0>.
- Jellyman PG, Booker DJ, Crow SK, Bonnett ML, Jellyman DJ. 2013. Does one size fit all? An evaluation of length-weight relationships for New Zealand's freshwater fish species. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. Taylor & Francis, 47(4): 450–468. <https://doi.org/10.1080/00288330.2013.781510>.
- Jennings S, Jennings S, Blanchard JL, Blanchard JL. 2004. Fish abundance with no shing: predictions based on macroecological theory. *Journal of Animal Ecology*, (Pauly 1995): 632–642. <https://doi.org/10.1111/j.0021-8790.2004.00839.x>.
- Jisir 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. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2018.11.004>.
- 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. <https://doi.org/10.1577/t04-042.1>.
- Matakupan Hansje, Tuapetel F. 2017. Potensi dan tingkat pemanfaatan ikan kawalnya (*Selar* spp.) di Pulau Ambon. *Amanisal*, 6(2): 16–20.
- Ndiaye W, Diouf K, Samba O, Ndiaye P, Panfili J, Marbec UMR, Montpellier U De, Bataillon PE. 2015. The length-weight relationship and condition factor of white grouper (*Epinephelus aeneus*, Geoffroy Saint Hilaire, 1817) at the south-west coast of Senegal, West Africa. *International Journal of Advanced Research*, 3(3): 145–153.
- Rutherford A. 2012. *ANOVA and ANCOVA. A GLM Approach. Statistics in Medicine*. Wiley. A John Wiley & Sons, Inc. Publication.
- Safran P. 1992. Theoretical analysis of the weight-length relationship in fish juveniles. *Marine Biology*, 112(4): 545–551. <https://doi.org/10.1007/BF00346171>.
- Siwat V, Ambariyanto A, Widowati I. 2016. Biometrics of bigeye scad, *Selar crumenophthalmus* and shrimp scad, *Alepes djedaba* from Semarang waters, Indonesia. *AACL Bioflux*, 9(4): 915–922.
- Smith-Vaniz W., Quéro J-C, Desoutter M. 1990. Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA). In: J.C. Quero, J.C. Hureau, C. Karrer AP and LS (ed) *Volume 2*. JNICT, Lisbon; SEI, Paris; and UNESCO, Paris: Lisbon, pp. 729-755.
- Thorson JT, Hicks AC, Methot RD. 2015. Random effect estimation of time-varying factors instock synthesis. *ICES Journal of Marine Science*, 72(1): 178–185. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsr174>.

Karakteristik genetik ikan belida *Chitala lopis* (Bleeker, 1851) asal Lampung dan Kalimantan berdasarkan gen *COI*

[Genetic characteristic of giant featherback, *Chitala lopis* (Bleeker, 1851) from Lampung and Kalimantan using COI Gene]

Alam Putra Persada^{1,2}, Dedy Duryadi Solihin^{2*}, Ridwan Affandi³

¹Program Magister, Sekolah Pascasarjana IPB. IPB University.

Jalan Raya Dramaga, Bogor 16680

²Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB University.

Jalan Raya Dramaga, Bogor 16680

³Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB.

IPB University.

Jalan Raya Dramaga, Bogor 16680

*Korespondensi: alamputra.persada@gmail.com, dduryadi@yahoo.com, affandi_ridwan@yahoo.com

Diterima: 8 Agustus 2020; Disetujui: 5 Januari 2021

Abstrak

Barkoding DNA berdasarkan gen parsial *Cytochrome Oxidase subunit I (COI)* mitokondria telah banyak digunakan pada identifikasi spesies dan studi biodiversitas. Penggunaan gen *COI* mampu memperoleh karakteristik genetik, variasi genetik, dan filogeni. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis keragaman genetik spesies ikan belida *Chitala lopis* asal Lampung dan Kalimantan. Analisis yang digunakan yaitu menghitung jarak genetik dengan model *Kimura two parameter (K2P)*, melihat variasi nukleotida, polimorfisme dan merekonstruksi pohon filogenetik menggunakan software MEGA 7.0. Sebanyak sembilan individu ikan belida dikoleksi dari tiga populasi yaitu: Lampung, Kalimantan Barat dan Kalimantan Selatan. Hasil analisis urutan nukleotida yang didapat menunjukkan 689 pb situs konservatif, 18 pb situs variasi, 13 pb situs parsimoni, dan 2 pb situs singleton dari 707 pb gen parsial *COI*. Jarak rata-rata intraspecies, *ingroup*, *outgroup* berdasarkan K2P adalah 1,24%, 1,43% & 1,58% (Kode akses Genbank: AP008922.1; KM213054.1), 13,00%. *Single Nucleotide Polymorphism (SNP)* yang diperoleh sebanyak 13 situs. Sampel Kalimantan Barat memiliki dua *SNP* pada situs (471 dan 528). Kalimantan Selatan memiliki sembilan *SNP* (situs ke 120, 129, 144, 201, 306, 324, 474, 615 dan 644). Berdasarkan jarak genetik, perbedaan terbesar terletak pada sampel Kalimantan Selatan (1,58%) dibandingkan dengan Lampung dan Kalimantan Barat. Hasil rekonstruksi pohon filogenetik K2P *neighbor-joining*, menunjukkan bahwa sampel Kalimantan Selatan berada pada grup yang berbeda. Sampel Kalimantan Barat menunjukkan kekerabatan lebih dekat dengan grup Lampung.

Kata penting: barkoding DNA, belida, *COI*, *SNP*

Abstract

DNA barcoding based on partial *Cytochrome Oxidase subunit I (COI)* gene in the mitochondrial has widely used in species identification and biodiversity studies. *COI* gene application is expected to obtain genetic characteristic, genetic variations and phylogeny of giant featherback. The aim of this research was to analyze genetic diversity of giant featherback *Chitala lopis* in Lampung and Kalimantan. To analyse genetic distance, *Kimura two parameter (K2P)* model was performed where to determine nucleotide variation & polymorphism and also reconstructed of phylogenetic tree was used MEGA 7.0 software. Total nine individuals were obtained from three populations, i.e. Lampung, West Kalimantan and South Kalimantan. The results showed that giant featherback has 689 bp conserve, 18 bp variation, 13 bp parsimony-informative, and 2 bp singleton sites from 707 bp *COI* partial gene. The average within-species, in-group, and out-group based on K2P distances were 1.24%, 1.43% & 1.58% (AP008922.1; KM213054.1), and 13.00% respectively. The *Single Nucleotide Polymorphism (SNP)* was obtaining from 13 *SNP* sites. West Kalimantan samples have two *SNP* (471 and 528 site). The South Kalimantan samples showed more specific nucleotides with nine *SNP* (120, 129, 144, 201, 306, 324, 474, 615 and 644). Based on genetic

distance, the biggest difference was in the South Kalimantan sample (1.58%) compared with Lampung and West Kalimantan. The results of the K2P neighbour-joining phylogenetic tree reconstruction show that the South Kalimantan samples are in a different group. The West Kalimantan sample shows that it is closely related to the Lampung.

Keywords: COI, DNA barcoding, giant featherback, SNP

Pendahuluan

Ikan belida (*Chitala lopis*) merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang memiliki nilai ekonomis tinggi di Indonesia. Persebarannya meliputi daerah Jawa, Lampung, Sumatra Selatan, Bengkulu, Jambi, Riau dan Kalimantan (Kottelat *et al.* 1993). Adanya aktivitas penangkapan berlebih (*overfishing*) dan perubahan lingkungan maupun kerusakan lingkungan perairan, menyebabkan kelestarian ikan ini terancam punah. Ikan belida termasuk dalam kategori ikan air tawar yang dilindungi menurut peraturan pemerintah nomor 7 tahun 1999 tentang pengawetan jenis tumbuhan dan satwa. Pada tahun 2018 ada empat jenis ikan belida yang dilindungi pemerintah, yaitu belida Borneo (*Chitala borneensis*), belida Sumatra (*Chitala hypselonotus*), belida lopis (*Chitala lopis*), dan belida Jawa (*Notopterus notopterus*) (Men. LHK 2018). *Conservation Assessment and Management Plan (CAMP)* mengategorikan *Chitala* spp. terutama jenis *Chitala lopis* sebagai spesies langka (Sarkar *et al.* 2008).

Dalam menjaga kelestariannya, perlu adanya upaya konservasi ikan belida, salah satunya dengan cara konservasi genetik. Salah satu upaya dalam konservasi genetik adalah dengan mengetahui karakteristik genetik ikan belida dengan menganalisis DNA mitokondria. Hasil analisis gen mtDNA dapat

memberikan informasi dalam melakukan identifikasi spesies, mengklarifikasi taksonomi dan menentukan sebaran populasi hewan yang diamati (Hebert *et al.* 2003). Gen mtDNA sering digunakan untuk mendapatkan informasi keragaman genetik karena berevolusi sangat cepat dan dapat digunakan untuk membedakan interspesies dan intraspesies hewan yang berkerabat dekat (Solihin 1994).

Beberapa tahun terakhir penggunaan gen mitokondria yang paling populer adalah gen *Cytochrome Oxidase subunit I (COI)*. Gen *COI* merupakan salah satu marka molekular yang berasal dari DNA mitokondria. Gen ini banyak digunakan sebagai *DNA barcoding*, identifikasi spesies, karakterisasi dan pengelompokan spesies dari berbagai taksa hewan (Solihin 1994, Hebert *et al.* 2003).

Penggunaan gen *COI* sebagai DNA Barcoding, mampu untuk mengidentifikasi ikan pada berbagai stadia ikan, maupun status ikan *cryptic species* (Ward *et al.* 2005). Gen ini juga banyak digunakan pada spesies ikan untuk merekonstruksi pohon filogeni, species origin, maupun sebaran populasi (Page & Hughes 2010).

Penelitian tentang ikan belida sudah banyak dilakukan dengan berbagai kajian, seperti biometrik ikan belida di Sumatra dan Kalimantan (Sunarno *et al.* 2007), keragaman

Tabel 1 Sumber sampel ikan belida yang dianalisis gen *COI*

No.	Kode Sampel	Asal Sampel	Bentuk Sampel	Sumber
1	BKS 1	Kalimantan Selatan	Darah	Koleksi Balai Cibalagung
2	BKS 2	Kalimantan Selatan	Darah	
3	BKS 3	Kalimantan Selatan	Darah	
4	BKB 1	Kalimantan Barat	Darah	Pedagang
5	BKB 2	Kalimantan Barat	Darah	
6	BKB 3	Kalimantan Barat	Darah	
7	BL 1	Lampung	Darah	Penduduk lokal
8	BL 2	Lampung	Darah	
9	BL 3	Lampung	Darah	

genetik dan biometrik ikan belida budidaya di Riau (Nugroho *et al.* 2019), struktur populasi ikan belida di Riau (Wibowo 2012), keragaman genetik ikan belida di Riau (Wibowo *et al.* 2010), plastisitas ikan belida di Riau (Wibowo & Marson 2012), biologi reproduksi (Adjie *et al.* 1999, Santoso 2009, Sunarno & Syamsunarno 2015) dan ekobiologi ikan belida di Riau (Wibowo & Subagja 2014). Dari beberapa penelitian tersebut, belum banyaknya informasi dasar mengenai karakter genetik gen parsial *COI* ikan belida dari beberapa sungai di Indonesia berdasarkan spesifik lokasi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat keragaman genetik ikan belida *Chitala lopis* (Bleeker, 1851) yang berasal dari wilayah Lampung, Kalimantan Barat, dan Kalimantan Selatan.

Bahan dan metode

Penelitian ini dilaksanakan dari September 2018 hingga Desember 2019. Koleksi

sampel ikan belida berasal dari Lampung dan Kalimantan (Tabel 1), Lampung (tiga individu), Kalimantan Barat (tiga individu), dan Kalimantan Selatan (tiga individu). Sampel Kalimantan Selatan diperoleh dari Instalasi Penelitian dan Pengembangan Teknologi Lingkungan dan Toksikologi Perikanan Budidaya Air Tawar Cibalagung, Bogor. Analisis genetik dilaksanakan di Laboratorium Konservasi Genetik, Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi (PPSHB) IPB Bogor.

Koleksi sampel

Sampel DNA berasal dari darah. Sampel darah diambil sebanyak $\pm 0,5$ ml menggunakan spuit dengan Teknik *Puncturing the Caudal Vessel* (Pembuluh darah Bagian Caudal) (MUAWC 2008). Darah yang diperoleh lalu dimasukkan ke dalam mikrotube 1.5 ml yang berisi buffer EDTA 10% dengan perbandingan \pm darah 7:3 EDTA dan diberi label.

Amplifikasi DNA

Proses amplifikasi dengan teknik *Polymerase Chain Reaction* (PCR) menggunakan primer gen *COI* universal yaitu *COI Fish F1* dan *COI Fish R1* (Ward *et al.* 2005):

FishF1-
5'TCAACCAACCACAAAGACATTGGCAC3';

FishR1-
5'TAGACTTCTGGGTGGCCAAAGAATCA3'.

Target dari primer gen *COI* menghasilkan produk PCR sepanjang 707 pb. Total volume pereaksi PCR yang diperoleh adalah 25 µl, dengan komposisi DDH₂O: 10,8 µl, 5x Buffer Q5: 4 µl, 5x Enhancer Q5: 5 µl, dNTP: 1 µl, Primer *COI Fish F1*: 1 µl, Primer *COI Fish R1*: 1 µl, DNA total: 2 µl, dan Taq DNA Polymerase: 0,2 µl.

Kondisi PCR yang digunakan meliputi tahapan pradenaturasi 94 °C selama 3 menit, denaturasi (94 °C, 45 detik), *annealing* (57 °C, 45 detik), *extension* (72 °C, 1 menit) sebanyak 35 siklus, elongasi akhir (*final extension*) pada suhu 72 °C selama 5 menit, dan pendinginan 20 °C selama 10 menit. Produk PCR dimigrasikan pada gel agarose 1,2%. Produk PCR yang menunjukkan pita *single band* akan dilanjutkan ketahap proses sekuensing di 1st BASE, Malaysia.

Analisis data

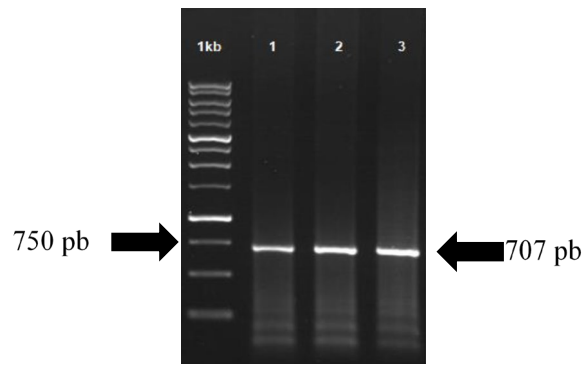
Hasil pembacaan untai DNA diperiksa dahulu untuk memastikan tidak adanya error. Hasil dari tiap urutan DNA, disejajarkan berdasarkan sekuens *forward* dan *reverse* untuk mendapatkan sekuens utuh. Sekuens utuh tersebut kemudian dikoreksi dengan primer

forward dan *reverse* dari gen *COI* agar diperoleh sekuens sesuai target dari primer yang digunakan. Pensejajaran sekuens menggunakan program MEGA (*Molecular Evolutionary Genetics Analysis*) versi 7.0 (Kumar *et al.* 2016). Hasil sekuens tersebut kemudian dilakukan BLAST-n (*Basic Local Alignment Search Tool-nucleotide*) di situs *National Center for Biotechnology Information* (NCBI; <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>). Jarak genetik dianalisis berdasarkan model *Kimura 2-parameter* dengan nilai bootstrap 1000 kali. Rekonstruksi pohon filogenetik menggunakan metode *Neighbor-joining* dengan model *Kimura 2-parameter*, serta *bootstraps* sebanyak 1000 kali pengulangan (Kumar *et al.* 2016). Selanjutnya sekuens dari *GenBank Chitala lopis* (AP008922.1 dan KM213054.1) ditambahkan sebagai *ingroup* dan *Notopterus notopterus* (AP008924.1) sebagai *outgroup*.

Hasil

Hasil amplifikasi gen *COI* diperoleh 707 pb (pasang basa) (Gambar 1). Pensejajaran dengan runutan gen *COI* utuh *Chitala lopis* berukuran 1.548 pb (AP008922.1), posisi urutan gen *COI* parsial pada penelitian ini dimulai pada basa ke 24 hingga pada basa ke 731.

Identifikasi spesies ikan belida dilakukan dengan mencocokkan sekuens gen *COI* dengan spesies terdekat yang terdapat pada *GenBank*. Hasil yang diperoleh disajikan pada Tabel 2. Nilai kemiripan (*percent identity*)



Gambar 1 Visualisasi pita hasil *PCR* gen *COI* parsial

Keterangan: (1kb) Marker ukuran 1kb, (1) Kalimantan Barat, (2) Kalimantan Selatan, (3) Lampung.

Tabel 2 Hasil identifikasi gen *COI* ikan belida di BLAST-n NCBI

No	Sampel	Spesies Terdekat	Query Cover (%)	Percent Identity (%)	Kode akses
1	BL 1	<i>Chitala lopsis</i>	100	99,15	AP008922.1
2	BL 2	<i>Chitala lopsis</i>	100	99,15	AP008922.1
3	BL 3	<i>Chitala lopsis</i>	100	99,15	AP008922.1
4	BKB 1	<i>Chitala lopsis</i>	100	98,59	AP008922.1
5	BKB 2	<i>Chitala lopsis</i>	100	98,59	AP008922.1
6	BKB 3	<i>Chitala lopsis</i>	100	98,59	AP008922.1
7	BKS1	<i>Chitala lopsis</i>	100	97,60	AP008922.1
8	BKS 2	<i>Chitala lopsis</i>	100	97,60	AP008922.1
9	BKS 3	<i>Chitala lopsis</i>	100	97,60	AP008922.1

berkisar 97,60 – 99,15% dengan *query cover* sebesar 100% dengan nilai terendah diperoleh pada sampel yang berasal dari Kalimantan Selatan dengan nilai 97,60%. Tingkat kemiripan tertinggi didapat pada sampel yang berasal dari Lampung dengan nilai 99,15%

Karakterisasi gen *COI* pada spesies *Chitala lopsis* dengan perbandingan sekuens *Chitala lopsis* (AP008922.1) dari *Genbank* menunjukkan hasil situs konservatif sebesar 689 pb (97,45%), situs variasi 18 pb (2,54%), situs parsimoni 13 pb (1,84%), dan *singleton*

2 pb (0,28%) (Tabel 3). Komposisi basa nukleotida gen *COI* menunjukkan bahwa rata-rata tertinggi adalah Adenosin (28,4 %) dan diikuti oleh basa Sitosin (27,5%), Timin (27,2%) dan paling rendah adalah Guanin (16,8%) (Tabel 3). Pada penelitian ini diperoleh komposisi basa AT sebesar 55,7% dan komposisi basa GC 44,3%. Pada penelitian ini diperoleh hasil nilai analisis statistik frekuensi nukelotida substitusi adalah $ii = 700$, $si = 6$, $sv = 1$, $R = 4,7$.

Tabel 3 Perbandingan karakteristik nukleotida dengan gen *COI Chitala lopis* (AP008922.1)

No	Karakter	Gen <i>COI</i>
1	Sampel Individu dan GenBank	9 sampel dan 1 Genbank
2	Situs Konservatif (%)	689 (97,45)
3	Situs Variasi (%)	18 pb (2,54)
4	Situs Parsimoni* (%)	13 pb (1,84)
5	Situs Singleton** (%)	2 pb (0,28)
6	Persentase Adenin (A)	28,4
7	Persentase Guanin (G)	16,8
8	Persentase Sitosin (C)	27,5
9	Persentase Timin (T)	27,2
10	Komposisi basa AT	55,7
11	Komposisi basa GC	44,3

* Situs parsimoni: ditemukan minimal dua jenis nukleotida, setiap jenis nukleotida dimiliki oleh minimal 2 runutan,

** Situs singleton: nukleotida yang berbeda hanya ditemukan pada satu runutan.

Tabel 4 Polimorfisme sekuen nukleotida interpopulasi *Chitala lopis* berdasarkan gen *COI*

Spesies	Kode Akses / Sampel	Situs Nukleotida ke-												
		1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	
		6	2	2	4	0	7	0	2	7	7	2	1	4
		6	0	9	4	1	3	6	4	1	4	8	5	4
<i>Chitala lopis</i> *	AP008922.1	C	T	C	C	C	T	G	A	T	A	C	C	T
<i>C. lopis</i>	BL 1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>C. lopis</i>	BL 2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>C. lopis</i>	BL 3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>C. lopis</i>	BKB 1	T	.	.	.	.	C	.	.	C	.	T	.	.
<i>C. lopis</i>	BKB 2	T	.	.	.	.	C	.	.	C	.	T	.	.
<i>C. lopis</i>	BKB 3	T	.	.	.	.	C	.	.	C	.	T	.	.
<i>C. lopis</i>	BKS 1	T	C	T	T	T	C	A	C	.	G	.	T	C
<i>C. lopis</i>	BKS 2	T	C	T	T	T	C	A	C	.	G	.	T	C
<i>C. lopis</i>	BKS 3	T	C	T	T	T	C	A	C	.	G	.	T	C

* spesies asal GenBank

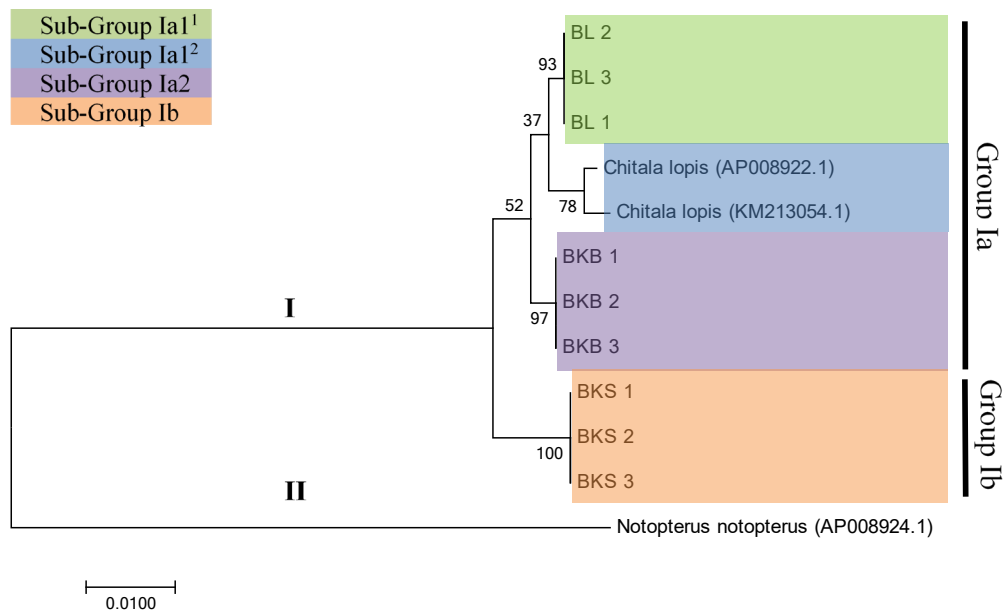
Pada hasil penelitian ini ditemukan 13 situs polimorfisme bervariasi pada populasi Lampung dan Kalimantan. Perbedaan pada

sampel Kalimantan dengan Lampung terletak pada nukleotida spesifik lokasi situs ke 66 dan 273. Nukleotida spesifik pada sampel

Tabel 5 Rata-rata jarak genetik intra dan inter spesies berdasarkan gen *COI* (%)

Lokasi	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
[1] BL	0,00*					
[2] BKS	1,58	0,00*				
[3] BKB	0,57	1,58	0,00*			
[4] <i>C. lopis</i> ¹	0,71	2,30	1,28	0,00*		
[5] <i>C. lopis</i> ²	0,85	2,45	1,43	0,43	0,00*	
[6] <i>N. notopterus</i> ³	13,19	12,99	12,83	12,50	12,65	0,00*

* jarak genetik antarindividu dalam populasi (intrapopulasi). ¹ Spesies Asal GenBank (AP008922.1). ² Spesies Asal GenBank (KM213054.1). ³ Spesies Asal GenBank (AP008924.1). Keterangan: BL: Belida Lampung ; BKS: Belida Kalimantan Selatan ; BKB: Belida Kalimantan Barat.



Gambar 2 Rekonstruksi pohon filogenetik *Chitala lopis* berdasarkan gen *COI*

Kalimantan dapat membedakan antarlokasi. Sampel Kalimantan Selatan menunjukkan nukleotida spesifik terdapat pada situs 120, 129, 144, 201, 306, 324, 474, 615 dan 644. Pada sampel Kalimantan Barat situs nukleotida spesifik ditunjukkan pada situs 471 dan 528. Berbeda dengan Kalimantan, pada sampel Lampung cenderung menunjukkan nukleotida yang sama dengan sampel pembanding

dari GenBank (*Chitala lopis* AP008922.1). Berdasarkan hasil yang diperoleh, variasi situs nukleotida pada populasi Kalimantan Selatan lebih tinggi dibandingkan populasi Kalimantan Barat dan populasi Lampung. Perbedaan situs nukleotida antar sampel, hal ini dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil frekuensi substitusi nukleotida terjadi pada posisi kodon ketiga sebesar 94,4% dan posisi kodon

pertama maupun kodon kedua sebesar 5,6%.

Perbedaan terlihat pada jarak genetik interpopulasi antara Kalimantan Selatan dan Kalimantan Barat dengan nilai 1,58%. Sampel Lampung dengan populasi Kalimantan memiliki jarak genetik sebesar 1,07%. Pada perbedaan jarak genetik intraspesies didapat nilai sebesar 0,006 – 0,016 dengan rata-rata 0,012 (1,24%). Persentase perbedaan jarak genetik intraspesies *Chitala lopis* dari tiga lokasi dengan *Chitala lopis* dari GenBank (AP008922.1) sebesar 0,71% - 2,30% dengan rata-rata 1,43%. Perbandingan seluruh sampel dengan data GenBank *Chitala lopis* (KM213054.1) terdapat perbedaan sebesar 0,85% - 2,45 dengan rata-rata 1,58%. Jarak genetik interspesies dengan *outgroup Notopterus notopterus* (AP008924.1) 12,83 – 13,19% (Tabel 5) dengan rata-rata 13,00%.

Rekonstruksi pohon filogenetik gen *COI* menunjukkan dua *group* utama yaitu *group* I yang terdiri dari *Chitala lopis* asal tiga lokasi dan dua data spesies pembanding *Chitala lopis* (AP008922.1; KM213054.1) (*ingroup*), *group* II berisi *outgroup Notopterus notopterus* (AP008924.1) (Gambar 2). Pada *group* I terbagi lagi menjadi dua *group*, yaitu *group* Ia terdiri dari Lampung dan Kalimantan Barat dengan nilai bootstrap 52 dan *group* Ib yang terdiri dari sampel asal Kalimantan selatan dengan nilai bootstrap 100. Pada *group* Ia terbagi menjadi beberapa *sub-group*, yaitu *sub-group* Ia1¹ (Lampung), *sub-group* Ia1² (*ingroup*) dan *sub-group* Ia2 (Kalimantan Barat).

Pembahasan

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tidak terdapat nukleotida yang mengalami insersi dan delesi, namun ditemukan nukleotida yang mengalami substitusi. Pada gen *COI* sangat jarang terjadinya insersi, delesi dan variasi, dikarenakan gen ini bersifat konservatif dan digunakan sebagai standar DNA Barkoding (Hebert *et al.* 2003).

Persentase komposisi basa nukleotida GC pada ikan belida adalah 44,3%. Hal ini tidak berbeda jauh pada beberapa taksa, komposisi basa GC berada dibawah 50%, seperti pada spesies *C. chitala* 43,5% & *N. notopterus* 43,85% (Sengupta & Homechaudhuri 2013), genus *Kryptopterus* 46,40% (Jusmaldi *et al.* 2014), kelompok *Teleostei* 47,06% (Ward *et al.* 2005), kelompok *Elasmobranchs* 41,78% & kelompok *Actinopterygii* 47,12% (Ward & Holmes 2007).

Karakteristik nukleotida pada gen *COI* ikan belida, terdapat nukleotida yang mengalami substitusi transisi dan transversi. Dilihat dari substitusi nukleotidanya, frekuensi perubahan paling sering terjadi pada posisi kodon ketiga (94,4%) dibandingkan dengan posisi kodon pertama ataupun kodon kedua (5,6%). Menurut Bofkin & Goldman (2007), substitusi nukleotida yang terjadi pada posisi kodon ketiga banyak yang bersifat sinonim, yaitu substitusi yang tidak menyebabkan perubahan aktivitas pada produk yang dikode oleh gen. Sebaliknya dengan substitusi pada kodon ketiga, substitusi pada kodon pertama dan kodon kedua bersifat non-sinonim. Hasil ini menunjukkan bahwa frekuensi substitusi sinonim

pada gen COI ikan belida lebih banyak yang bersifat sinonim, hal ini didukung juga oleh penelitian Ward & Holmes (2007) bahwa substitusi sinonim lebih tinggi dibanding substitusi non-sinonim pada gen parsial COI dengan panjang 655 pb.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, substitusi nukleotida yang terjadi pada gen parsial COI lebih banyak terjadi substitusi transisi dibandingkan transversasi. Jumlah basa nukleotida yang mengalami substitusi transisi dengan nilai $si = 6$, $sv = 1$, $R = 4,7$. Hasil ini didukung penelitian Sengupta & Homechaudhuri (2013), yaitu hasil substitusi nukleotida transisi lebih banyak terjadi dibanding substitusi nukleotida transversasi. Hasil tersebut terjadi pada famili Notopteridae, yang mana substitusi transisi yang diperoleh yaitu, $si = 28$, dan $sv = 11$ dengan nilai $R = 2,6$.

Hasil analisis dari sampel Lampung memiliki kemiripan dengan spesies pembanding asal GenBank (AP008922.1), diduga spesies pembanding GenBank diperoleh dari Sumatera (Indonesia). Wibowo (2014) melaporkan berdasarkan gen COI bahwa *C. lopis* asal Indonesia memiliki 14 situs nukleotida spesifik lokasi, yang tiap populasinya memiliki ciri situs nukleotida spesifik lokasi tersendiri.

Berdasarkan analisis perhitungan jarak genetik, perbedaan terbesar yang diperoleh pada sampel penelitian ini dengan spesies *ingroup* tidak lebih dari 3%. Pada sistem identifikasi COI, suatu spesies dapat dibedakan jenisnya apabila perbedaan jarak genetiknya melebihi 3% (Hebert *et al.* 2003), dan 3,5% pada ikan (Ward *et al.* 2009). Perbedaan

ditunjukkan pada spesies pembanding *N. notopterus* (*outgroup*), dengan jarak sebesar 12,83% - 13,19% pada sampel asal Lampung dan Kalimantan, lalu 12,50% pada spesies *Chitala lopis* (AP008922.1) sebagai *ingroup*. Pada hasil penelitian Sengupta & Homechaudhuri (2013), spesies *C. chitala* dan *N. notopterus* memiliki jarak genetik intraspesies 0% dan interspesies 11%.

Berdasarkan hasil jarak genetik, populasi belida Kalimantan Barat memiliki perbedaan jarak genetik yang dekat dengan belida Lampung. Pada zaman Pleistocene, pulau Sumatera, Kalimantan dan Asia merupakan suatu daratan besar yang disebut paparan Sunda. Aliran sungai besar Sunda Utara mengalir ke sungai Indragiri, Musi (utara – timur Sumatera) hingga menuju sungai Kapuas (Kalimantan Barat) (Voris 2000) sehingga memiliki pengaruh pada persebaran ikan air tawar (Inger & Chin 1962). Hal ini dapat dilihat dari populasi ikan botia (*Chromobotia macracanthus*), bahwa populasi ikan botia di Kalimantan dan Sumatera memiliki keragaman genetik dan morfologi yang mirip (Sudarto & Rizal 2007, Sudarto *et al.* 2008). Begitu pula dengan sampel ikan belida dari populasi Lampung, menunjukkan jarak genetik 0%, dikarenakan beberapa sungai di Sumatera terhubung dengan sistem aliran sungai Sunda Utara (Voris 2000). Perbedaan jarak genetik ditunjukkan antara populasi Kalimantan Selatan dengan Kalimantan Barat sebesar 1,58%. Hal ini diduga bahwa aliran sungai di Kalimantan Selatan tidak terhubung dengan sungai Sunda Utara. Hasil ini diperkuat oleh

hasil penelitian Sudarto & Rizal (2007), bahwa morfologi ikan *Botia* dari Kalimantan Selatan berbeda dengan ikan *Botia* yang berasal dari Sumatra.

Berdasarkan hasil rekonstruksi pohon filogeni ikan belida (Gambar 2) terdapat dua *group* utama. Masing-masing populasi mengelompok berdasarkan lokasi. Sampel yang berasal dari Lampung dan Kalimantan Barat mengelompok dengan spesies pembanding *Chitala lopis* (AP008922.1 dan KM213054.1) pada satu *group*. Terlihat pada *sub-group* Ib, spesies *Chitala lopis* (AP008922.1) berada satu *sub-group* dengan *Chitala lopis* (KM213054.1) yang berasal dari sungai Kampar, Riau. Berdasarkan perhitungan jarak genetik, perbedaan antara sampel yang berasal dari Lampung dengan *Chitala lopis* (AP008922.1) tidak berbeda jauh dengan nilai sebesar 0,71%. Begitu pula dengan hasil analisis jarak genetik antara *Chitala lopis* (AP008922.1) dan *Chitala lopis* (KM213054.1) yang hanya memiliki perbedaan sebesar 0,43%. Berdasarkan hasil tersebut, spesies pembanding *Chitala lopis* (AP008922.1) diduga berasal dari Indonesia, khususnya populasi Sumatra. Pada *group* Ia, populasi Kalimantan Barat memiliki kekerabatan lebih dekat dengan populasi Lampung. Hasil ini ditunjang oleh nilai Jarak genetik perbedaan populasi Kalimantan Barat dengan Lampung sebesar 0,57% dan sejarah aliran sungai Sunda besar pada zaman *Pleistocene* (Voris 2000). Pada spesies *outgroup*, terlihat memiliki *group* terpisah yang berarti spesies tersebut berbeda atau memiliki kekerabatan

yang jauh yaitu rata-rata jarak genetik sebesar 13,00%. Namun demikian pada penelitian Wibowo (2014), *C. lopis* yang berasal dari sungai Indragiri dan sungai Mahakam dalam rekonstruksi pohon filogeninya berada pada klaster yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian ini dan hasil penelitian lain rekonstruksi pohon filogeni berdasarkan gen COI mampu memisahkan kelompok populasi ikan belida dengan memiliki jumlah situs spesifik bervariasi. Cabang pada pohon filogenetik mewakili hubungan antar unit yang menggambarkan hubungan keturunan dengan leluhurnya, sedangkan panjang cabang menggambarkan jumlah perubahan evolusioner yang terjadi antara dua nodus (Li & Graur 2000). Menurut Kottelat *et al.* (1993) di Indonesia memiliki empat jenis ikan belida, namun demikian dari hasil penelitian ini jarak genetik antara Lampung dengan Kalimantan Barat sebesar 0,57%, sedangkan perbandingan dengan Kalimantan Selatan sebesar 1,58%. Hal ini belum memberikan bukti adanya empat spesies tersebut karena perbedaan jarak genetik tidak melebihi ambang batas sebesar >3% (Hebert *et al.* 2003, Ward *et al.* 2009).

Simpulan

Populasi Lampung dan Kalimantan terpisahkan secara baik dan jelas dengan jarak genetik rata-rata sebesar 1,07%. Ikan belida asal Lampung dan Kalimantan memiliki 13 situs nukleotida polimorfisme sedangkan situs nukleotida spesifik lokasi hanya dua situs (66 dan 273). Sampel yang berasal dari

populasi Kalimantan Selatan memiliki sembilan situs nukleotida spesifik. Hasil ini juga ditunjang dengan data dari hasil analisis jarak genetik dan rekonstruksi pohon filogenetik. Belida Kalimantan Barat memiliki kekerabatan lebih dekat dengan belida Lampung (0,57%) dibandingkan dengan belida Kalimantan Selatan (1,58%).

Persantunan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Eri Setiadi M.Sc. kepala Instalasi Penelitian Lingkungan Perikanan Budidaya dan Toksikologi, Cibalagung, Bogor dan terima kasih kepada Dr. Arif Wibowo, SP., M.Si sebagai kepala Balai Riset Perikanan dan Perairan Umum, Palembang yang telah membantu dalam penelitian ini.

Daftar pustaka

- Adjie S, Husnah, Gaffar AK. 1999. Studi biologi ikan belida (*Notopterus chitala*) di daerah aliran Sungai Batanghari. Provinsi Jambi. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 1: 38-43.
- Bofkin L, Goldman N. 2007. Variation in evolutionary processes at different codon positions. *Molecular Biology and Evolution*. 24(2): 513-521.
- Hebert PDN, Cywinska A, Ball SL, deWard JR. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society B*, 270: 313-322.
- Inger RF, Chin PK. 1962. The fresh-water fishes of North Borneo. *Fieldiana Zoology*, 45: 1-268.
- Jusmaldi, Solihin DD, Affandi R, Rahardjo MF, Gustiano R. 2014. Kode batang DNA ikan lais genus *Kryptopterus* asal Sungai Mahakam Kalimantan Timur. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 14(3): 191-199.
- Kottelat M, Whitten JA, Kartikasari N, Wiryatmojo S. 1993. Freshwater fishes of Western Indonesia and Sulawesi. Periplus Edition and Emdi Project Indonesia. Jakarta
- Kumar S, Stecher G, Tamura K. 2016. MEGA7: Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for Bigger Datasets. *Molecular Biology and Evolution*, 33(7): 1870-1874.
- Li WH, Graur D. 2000. *Fundamental of Molecular Evolution*. Second edition. Sinauer Associates Inc. Sunderland (US). 481 p.
- Menteri LHK. 2018. Peraturan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. Nomor: P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/6/2018 tentang jenis tumbuhan dan satwa yang dilindungi.
- MUAWC. 2008. *Blood Collection Guidelines*. Monash University Animal Welfare Committee (MUAWC). 1-10.
- Nugroho E, Dewi RRSPN, Subagja J, Priono B. 2019. Keragaman genetik dan karakter biometrik ikan belida (*Chitala lopis*, Bleeker 1851) budidaya asal Sungai Kampar. Riau. *Jurnal Riset Akuakultur*, 14(1): 1-8.
- Page TJ, Hughes JM. 2010. Comparing the performance of multiple mitochondrial genes in the analysis of Australian freshwater fishes. *Journal of Fish Biology*, 77(9): 2093-2122.
- Santoso L. 2009. Biologi reproduksi ikan belida (*Chitala lopis*) di Sungai Tulang Bawang. Lampung. *Berkala Perikanan Terubuk*, 31(1): 38-46.
- Sarkar UK, Negi RS, Deepak PK, Lakra WS, and Paul SK. 2008. Biological parameters of the endangered fish *Chitala chitala* (Osteoglossiformes: Notopteridae) from some Indian Rivers. *Fisheries Research*, 90(1): 170-177.

Keragaman populasi ikan gabus, *Channa striata* (Bloch, 1793) dari Bekasi, Jawa Barat dan Barito Kuala, Kalimantan Selatan menggunakan gen *Cytochrome B*

[Population diversity of striped snakehead, *Channa striata* (Bloch, 1793) from Bekasi, West Java and Barito Kuala, South Kalimantan using *Cytochrome B* gene]

Gita Kusuma Rahayu¹, Dedy Duryadi Solihin^{2*}, Nurlisa A. Butet³

¹Program Magister, Sekolah Pascasarjana IPB
Kampus IPB Dramaga, Jalan Agatis 16680

²Departemen Biologi, FMIPA IPB

³Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK IPB

*Korespondensi: rahayu.gitakusuma@gmail.com, dduryadi@yahoo.com, n.butet@gmail.com

Diterima: 17 Agustus 2020; Disetujui: 12 Januari 2021

Abstrak

Channa striata atau ikan gabus haruan adalah salah spesies dari famili Channidae yang tersebar luas mulai dari India, Cina bagian selatan hingga Asia Tenggara termasuk Indonesia. Hewan ini dikenal sebagai jenis ikan air tawar yang bernilai ekonomis karena rasa dan manfaat kesehatannya. Permintaan yang tinggi akan spesies ini mendorong upaya peningkatan produksinya salah satunya dari segi pengawasan genetiknya. Penelitian ini menggunakan sekuen utuh gen *Cytochrome b* (*cyt b*) pada DNA mitokondria untuk menentukan variasi genetik populasi liar *C. striata*. Sampel *C. striata* (n=31) Indonesia asal dua lokasi berbeda berhasil diamplifikasi dan dianalisis menggunakan MEGA ver 7.0. Sekuen utuh gen *cyt b* sepanjang 1140 bp yang didapat menunjukkan adanya 2 haplotipe dengan 1137 bp situs konservatif dan 3 bp situs bervariasi (0,26%). Haplotipe yang tumpang tindih ditemukan pada sampel asal Bekasi, dan hanya ada satu haplotipe pada sampel asal Kalimantan Selatan. Analisis genetik interspesies dengan spesies dari *Genebank* menunjukkan sampel *C. striata* memiliki kedekatan genetik dengan *C. striata* (MN057164.1) asal Kalimantan-Indonesia dengan jarak genetik 0%. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa *C. striata* dengan *C. striata* asal Cina dengan rata-rata jarak genetik 9,2%. Gen *cyt b* utuh mampu menjelaskan kekerabatan filogenetik dan memberikan informasi keragaman populasi *C. striata* asal Indonesia.

Kata penting: *Channa*, populasi, genetik, *cyt b*

Abstract

Channa striata or striped snakehead is one of species from family Channidae that widely distributed from India, Southern China to Southeast Asia including Indonesia. It is a commercially important freshwater fish because of its taste and health benefits. High demand of this species trigger many efforts to increase its production, one of them is genetic monitoring. This study used complete *Cytochrome b* gene sequence of mtDNA for determining genetic variation in wild population of *C. striata*. *C. striata* samples (n=31) from two different locations in Indonesia were amplified and analyzed using MEGA ver 7.0. Sequences of 1140 bp complete *cyt b* gene revealed the presence of 2 haplotypes with 1137 bp conserved sites and 3 bp variable sites (0,26%). Overlapping haplotype was observed in samples from Bekasi, however there were only one haplotype in samples from South Borneo. Interspecies genetic were analysed with species from Genebank and showed that *C. striata* from Indonesia has close genetic relationships with *C. striata* from Borneo-Indonesia (MN057164.1) with genetic distance 0%. This study also revealed that *C. striata* from Indonesia were phylogenetically distinct with *C. striata* from China with 9,2%K2P genetic distance. Complete *cyt b* gene has been proven for assessing phylogenetic relationships and population diversity of *C. striata* in Indonesia.

Keywords: *Channa striata*, complete *cyt b*, population diversity

Pendahuluan

Ikan gabus atau *Channa striata* (nama umum: *striped snakehead*; *chevron snakehead*) merupakan salah satu sumber protein dan bernilai ekonomi penting di beberapa negara terutama di Asia Tenggara, seperti Thailand dan Malaysia. Secara ekonomis di Indonesia, *C. striata* merupakan komoditas penting yang bernilai tinggi dengan kisaran harga Rp 30.000 hingga Rp 60.000/kg (Bijaksana 2010; Gustiano *et al.* 2019). Menurut Gustiano *et al.* (2019), harga ikan gabus di tingkat pembudidaya adalah Rp 50.000 hingga Rp 80.000/kg. Selain itu, ikan ini banyak digunakan sebagai bahan dasar ikan asin, kerupuk, dan pempek (Muslim 2007; Gustiano *et al.* 2019). *C. striata* juga bermanfaat dalam bidang medis sebagai antimikrob, anti-inflamasi, dan pereda nyeri (Michelle *et al.* 2004, Shafri & Manan 2012) karena tingginya kandungan albumin yang dimilikinya.

Nilai ekonomis *C. striata* yang tinggi menjadikannya spesies potensial untuk budidaya. Upaya domestikasi dan budidaya *C. striata* di Kalimantan sudah mulai sejak tahun 2007-2012 (Listyanto dan Andriyanto 2009; Kusmini *et al.* 2015). Menurut data statistik Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), hasil tangkap nasional spesies ini pada tahun 2018 adalah 97.792,25 ton (<https://statistik.kkp.go.id/home.php>). Siaran PERS KKP Nomor: SP.16/ SJ.4/IX/2020 menyebutkan produksi ikan gabus di Mandiangin, Kalimantan Selatan di tahun 2015 mencapai 6.490 ton

meningkat menjadi 21.987 ton di tahun 2019. Tingginya angka hasil tangkap dan kenaikan produksi ikan gabus mengindikasikan terjadi eksploitasi spesies *C. Striata* dan dikhawatirkan akan terjadi penurunan populasinya di alam. Berdasarkan hal tersebut, maka peluang besar terbuka lebar untuk peningkatan budidayanya. Informasi struktur genetik diharapkan menjadi salah satu aspek yang dapat membantu upaya budidaya jangka panjang spesies ini.

Ikan gabus merupakan jenis ikan air tawar dari famili Channidae yang distribusinya meliputi China, India, Sri Lanka, Thailand, Malaysia, Indonesia, dan Filipina (FAO 2010; Courtenay & Williams 2004). Courtenay & Williams (2004) menyebutkan bahwa *C. striata* memiliki distribusi wilayah asal atau *native range* yang sangat luas, yaitu mencakup Asia Selatan, China bagian selatan hingga ke Asia Tenggara. Pendapat lain menurut Schuster (1950) dan Welcomme (1981), keberadaan *C. striata* di Indonesia merupakan hasil introduksi yang diyakini berasal dari China.

Persebaran *C. striata* di Indonesia meliputi wilayah Sumatera, Kalimantan, dan Jawa. Pada masing-masing wilayah persebarannya, *C. striata* ditemukan pada habitat beragam seperti rawa, sungai banjiran, dan danau (Makmur 2004) yang masing-masing habitat tersebut memiliki karakter dan kondisi yang sangat berbeda. Hal tersebut menunjukkan bahwa *C. striata* adalah spesies dengan tingkat adaptasi yang sangat tinggi.

Kemampuan *C. striata* beradaptasi di sebaran geografik yang luas dan habitat yang beragam memungkinkan terjadinya perubahan di tingkat genetik sebagai penyesuaian secara intrinsik dari bagian strategi adaptatifnya. Teori populasi genetik menyebutkan bahwa adaptasi terhadap lingkungan yang baru melibatkan serangkaian perubahan genetik (Orr 2005). Fragmentasi habitat menunjukkan pengaruhnya terhadap seleksi alam dan adanya perubahan komposisi genetik adaptif (Fraser *et al.* 2014). Kecepatan evolusi yang tinggi dan pewarisan maternal membuat DNA mitokondria menjadi sistem genetik yang bermanfaat untuk mempelajari aliran gen, zona hibrid, struktur populasi dan berbagai pertanyaan yang berkaitan dengan perubahan di tingkat populasi (Avisé 1994; Habib *et al.* 2011). Gen cytochrome b (*cyt b*) adalah salah satu gen pengkode komponen protein membran integral dari kompleks *cytochrome bc1* yang mengkatalis transfer redoks elektron dari ubiquinone ke *cytochrome c* dalam rantai transfer elektron (Trumpower 1990). Efisiensi rantai transfer elektron berperan penting dalam metabolisme energi aerobik, sehingga beberapa penelitian menduga bahwa modifikasi fungsional dari *cyt b* terlibat dalam adaptasi fisiologi pada temperatur lingkungan yang berbeda (Gershoni *et al.* 2009). *Cyt b* banyak digunakan untuk meneliti hubungan spesies dari genus atau famili yang sama (Kocher *et al.* 1989; Solihin 1994; Ozawa *et al.* 1997). *Cyt b* memiliki ukuran sekitar 1140 bp (Schmitz *et*

al. 2002) atau dalam kisaran 1130 hingga 1149 bp (Tobe *et al.* 2009).

Berdasarkan dari banyak penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, memberikan dugaan bahwa mutasi yang terjadi pada gen *cyt b* memiliki implikasi fungsional pada spesies yang memiliki kebutuhan metabolik unik seperti kebutuhan diet rendah energi, ukuran tubuh yang besar, adaptasi terhadap kebutuhan oksigen yang ekstrim, dan adaptasi di dataran tinggi (McClellan & McCracken 2001; Fink *et al.* 2004; McClellan *et al.* 2005; da Fonseca *et al.* 2008; Foote *et al.* 2011). Penggunaan marka gen *cyt b* telah digunakan pada beberapa ordo ikan seperti Perciformes (Brown & Stapien 2008), Clupeiformes (Lecomte *et al.* 2004), Salmoniformes (Oelink *et al.* 2007; Bouza *et al.* 2008) dan Anguilliformes (Daemen *et al.* 2001).

Spesies dari famili Channidae dikenal sebagai spesies dengan keragaman tinggi dan seringkali disebut sebagai spesies kriptik sehingga perlu pendekatan genetik untuk hasil identifikasi yang akurat. Beberapa studi genetik tersebut antara lain, Li *et al.* (2006) menganalisis 20 spesies dari famili Channidae menggunakan beberapa gen mitokondria, Benzinger (2008) mengidentifikasi tujuh spesies dari genus *Channa* menggunakan marka COI dan 16S rRNA, Habib *et al.* (2011) mengevaluasi keragaman genetik *Channa marulius*, Jiang *et al.* (2016) mengidentifikasi genom mitokondria utuh *Channa micropeltes* asli Indonesia, Rahim *et al.* (2012) dan Baisvar (2018) menganalisis keragaman spesies *Channa striata* menggunakan gen *cyt b*.

Meski telah banyak dilakukan penelitian dengan menggunakan gen *cyt b*, ukuran marka yang digunakan umumnya hanya parsial saja (300 – 500 bp) dan belum mewakili keragaman sebenarnya pada gen ini untuk digunakan pada keperluan spesifik adaptasi. Dewasa ini, belum banyak yang mengkaji secara utuh untuk fragmen gen *cyt b* ini. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keragaman genetik populasi ikan gabus (*C. striata*) pada sebaran geografik berbeda di wilayah Indonesia berdasarkan gen *cyt b* utuh.

Metode

Pengambilan sampel meliputi 2 lokasi, yaitu di Harapan Indah, Bekasi, Jawa Barat terletak pada koordinat 6°10'02.6"S 106°58'16.4"E dan Barito Kuala, Kalimantan Selatan yang terletak pada koordinat 3°09'01.2"S 114°34'48.3"E (Gambar 1). Sebanyak 31 sampel terdiri atas 16 sampel dari Bekasi (Jawa Barat) dan 15 sampel dari Barito Kuala (Kalimantan Selatan). Darah di-

ambil dari masing-masing sample dan disimpan dalam larutan EDTA. Analisis dilakukan di Laboratorium Konservasi Genetik Hewan, Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi (PPSHB), Institut Pertanian Bogor.

Ekstraksi DNA menggunakan Dneasy *Blood & Tissue kits* - Qiagen. Kualitas DNA diuji dengan dimigrasikan pada gel agarosa 1,2% dengan menggunakan buffer 1xTBE (40 mM Tris-borate, 1 mM EDTA). Gel agarosa diwarnai dengan ethidium bromide (0,5 g/ml), diamati, dan difoto dibawah sinar UV.

Amplifikasi dan visualisasi fragmen DNA dilakukan melalui *Polymerase Chain Reaction* (PCR) dengan menggunakan bahan kit PCR (GoTaq® Green Master Mix). Primer yang digunakan terdiri dari primer *forward* OgOCB_Glu (5'-AACCAC-CGTTGTTATTCAACTACAA-3') dan primer *reverse* OgOCB_Glu (3'- CCTTCGA-CGTCGGTTTACAAGACCG-5'). Kondisi PCR meliputi tahapan predenaturasi 94°C



Gambar 1 Peta lokasi pengambilan sampel

selama 3 menit, denaturasi 94 °C selama 45 detik, *anealling* atau suhu penempelan 60.7 °C selama 45 detik, elongasi 72 °C selama 1 menit sebanyak 35 siklus; *post* elongasi: ekstensi 72 °C selama 5 menit. Produk PCR dengan pita yang baik dan telah divisualisasi kemudian dikirim ke perusahaan *First Base* Malaysia untuk dilakukan tahapan sekuen-sing.

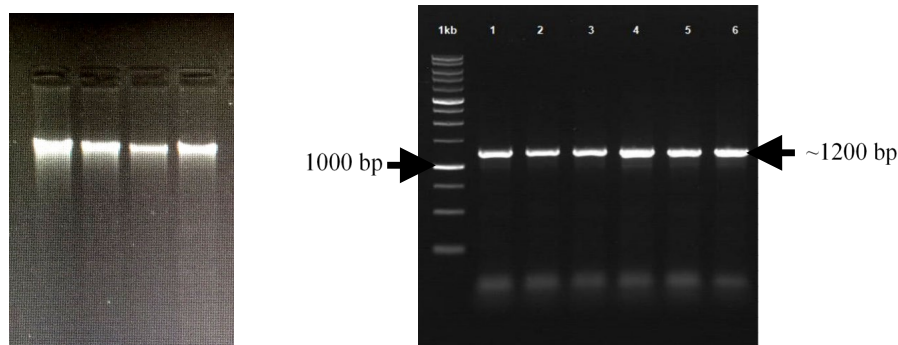
Data hasil sekuen-sing baik *forward* maupun *reverse* disejajarkan (*alignment*) menggunakan software MEGA (*Molecular Evolutionary Genetics Analysis*) versi 7.0 (Kumar *et al.* 2016). Hasil gabungan penyejajaran kemudian dikoreksi dengan primer *forward* maupun primer *reverse*. Sekuen utuh hasil koreksi tersebut disejajarkan kembali antar individu dalam lokasi yang sama dan antar lokasi yang berbeda. Verifikasi hasil sekuen untuk mengetahui identitas jenis masing-masing individu berasal dari masing-masing lokasi dilakukan dengan sekuen standar dari GenBank melalui program *Basic Local Alignment Search Tool-nucleotide* (BLAST-n) di situs *National Center for Biotechnology*

Information (NCBI). Rekonstruksi pohon filogenetik menggunakan metode *Neighbor-joining* dengan *bootstrap* 1000x (Kumar *et al.* 2016). Rata-rata jarak genetik *cyt b* intra-spesies pada seluruh individu diperoleh dengan menggunakan model *Kimura 2-parameter*.

Hasil

DNA genom total berhasil diekstraksi dari 31 sampel ikan gabus dari 2 lokasi menunjukkan kualitas yang baik, terlihat dari pita hasil elektroforesis yang terang (Gambar 2a). Kisaran kemurnian 260/280 DNA total yang didapatkan adalah berkisar antara 1,845-1,968 dengan konsentrasi DNA sebesar 22.233 ng/μl hingga 41.633 ng/μl. Hasil amplifikasi menggunakan teknik PCR dengan target gen *cyt b* utuh berkisar 1200 bp (Gambar 2b).

Sekuens intraspecies *C. striata* pada gen *cyt b* sepanjang 1140 bp menunjukkan komposisi nukleotida yang terdiri atas 29,7% basa timin (T), 31,2% basa sitosin (C), 25,1% basa adenin (A), dan 14,0% basa guanin (G). Basa



Gambar 2 (a) Hasil elektroforesis ekstraksi DNA *C. striata*; (b) Hasil amplifikasi daerah *cyt b* *C. striata* dengan marker 1 Kb

Tabel 1 Hasil identifikasi gen *cyt b* utuh berdasarkan *Blast n Channa striata* isolate LR1448 *cyt b* gene, Kode Akses MN057164.1 *Origin Kalimantan-Indonesia*.

No.	Sampel	Presentase panjang sekuens selaras	Persentase identitas
1.	GK 1 - 6		
	GK 9 - 14		
	GK 17		
	GK 24		
	GK 26	99%	99,91%
	GB 4 - 6		
	GB 9 - 10		
	GB 12 - 17		
	(n = 26)		
2.	GB 1 - 3		
	GB 7 - 8	99%	99,47%
	(n = 5)		

Keterangan: GK=gabus Kalimantan; GB=gabus bekasi.

purin (AG) memiliki komposisi 39,1% dan basa pirimidin (CT) sebesar 60,9%. Pasangan basa (AT) memiliki persentase komposisi yang lebih tinggi (54,8%) dibanding pasangan basa (GC) (45,2%). Hasil penyejajaran seluruh sampel menunjukkan situs konservatif sebesar 1137 pb (99,74%) dan situs variabel serta parsimoni sebesar 3 pb (0,26%).

Hasil *Blast n* seluruh 31 sampel (Tabel 1) menunjukkan kedekatan tertinggi dengan spesies *Channa striata* yang memiliki kode akses MN057164.1. Persentase kemiripan (*percent identity*) tertinggi yang didapatkan adalah sebesar 99, 91% yaitu pada seluruh sampel asal Kalimantan Selatan dan sebagian sampel asal Bekasi. Data sekuen *GenBank* ini ternyata menggunakan *C. striata* asal Kali-

mantan namun tidak diketahui tepatnya lokasi asal sampel tersebut. Kedua *C. striata* hasil *Blast n* pada tulisan ini selanjutnya akan diberi istilah “interspecies” untuk membandingkan dan membuktikan bahwa sampel yang diuji pada penelitian ini adalah benar spesies *C. striata*

Hasil rekonstruksi pohon filogenetik pada sampel menghasilkan 2 kluster yaitu kluster I dan kluster II (Gambar 4). Kluster I terdiri dari seluruh sampel yang berasal dari Kalimantan Selatan yaitu dengan kode GK1 - GK6, GK9 - GK14, GK17, GK 24, dan GK26 serta sebagian sampel asal Bekasi dengan kode sampel GB4 - GB6, GB9 - GB17.

Tabel 2 Situs nukleotida polimorfik (SNP) Klaster I vs Klaster II

Nama Sampel	Asal Sampel	Situs Nukleotida ke-			Haplotipe
		843	1021	1041	
GK 1 - 6	Kalsel	G	T	T	H1
GK 9 - 14	Kalsel	.	.	.	H1
GK 17	Kalsel	.	.	.	H1
GK 24	Kalsel	.	.	.	H1
GK 26	Kalsel	.	.	.	H1
GB 4 - 6	Kalsel	.	.	.	H1
GB 9 - 10	Kalsel	.	.	.	H1
GB 12 - 17	Kalsel	.	.	.	H1
GB 1 - 3	Bekasi	C	C	C	H2
GB 7 - 8	Bekasi	C	C	C	H2

GK= Gabus Kalimantan, GB= Gabus Bekasi, Kalsel= Kalimantan Selatan
G, T, C = basa nukleotida Guanin, Timin, dan Sitosin

Tabel 3 Jarak genetik interspesies berdasarkan *cyt b* utuh

Interspesies	Klaster (vs)	Jarak Genetik
<i>C. striata</i> MN057164.1	Klaster I	0%
	Klaster II	0,30%
<i>C. striata</i> MN205549.1	Klaster I	9,10%
	Klaster II	9,30%

Keterangan: penggunaan istilah interspesies untuk *C. striata* hasil BLAST-n di *Genebank*

Klaster II terdiri dari sebagian sampel yang berasal dari Bekasi dengan kode sampel GB1 - GB3, dan GB7 - GB8.

Hasil analisis polimorfisme nukleotida dihubungkan dengan rekonstruksi pohon filogenetik menunjukkan terdapatnya tiga situs nukleotida (*Single Nucleotide Polymorphism*) yang memisahkan antara Klaster I dan Klaster II serta menghasilkan dua haplotipe berbeda pada masing-masing klaster (H1 dan H2). Situs nukleotida yang memisahkan dua klaster besar terdiri dari situs ke- 843, 1021,

dan 1041. Ketiga situs nukleotida dapat dilihat pada Tabel 2. Substitusi basa nukleotida transisi lebih banyak terjadi dibandingkan dengan substitusi transversasi. Pada 3 SNP yang memisahkan dua klaster terdapat dua substitusi transisi dan satu transversasi. Nilai laju ratio transisi/transversasi yang didapat adalah $R = 2,00$.

Pada rekonstruksi pohon filogenetik dilakukan dengan menambahkan deretan basa nukleotida gen *cyt b* spesies *gen bank C. striata* MN057164.1 dan sebagai *out group*

MN205549.1 untuk melihat kekerabatan interspesies dari spesies dengan standar sekuen dari *GenBank*. Hasil rekonstruksi pohon filogenetik menunjukkan *C. striata* (kode akses: MN057164.1) dalam Klaster I berdekatan dengan sebagian sampel asal Bekasi dan seluruh sampel Kalimantan Selatan. Namun demikian *C. striata* (kode akses: MN205549.1) terpisah jauh dari dua klaster besar (Gambar 3).

Berdasarkan hasil perhitungan jarak genetik antara dua klaster (Klaster I dan Klaster II) sebesar 0,003 atau 0,3%. Perhitungan jarak genetik interspesies menunjukkan bahwa kekerabatan terdekat *C. striata* (kode akses: MN057164.1, *Origin Borneo*) memiliki kekerabatan terdekat dengan sebagian sampel asal Bekasi dan seluruh sampel asal Kalimantan Selatan (Klaster 1) dengan jarak genetik sebesar 0,00 atau 0%. Jarak genetik terjauh ditunjukkan oleh *C. striata* (kode akses: MN205549.1) terhadap semua data *cyt b C. striata* yang dibandingkan yaitu dengan rata-rata jarak genetik 9,2% (Tabel 3) sehingga menempatkannya menjadi *outgroup*.

Pembahasan

Memahami struktur genetik dari suatu spesies memberikan informasi untuk peningkatan konservasi dan strategi pengelolaan sumberdaya populasi ikan terutama spesies yang terancam dan yang bernilai ekonomis tinggi. Informasi genetik suatu populasi dapat menjadi tolak balik program budidaya yang lestari melalui program pemuliaan (Gustiano

et al. 2013). Hasil yang didapatkan dari analisis sekuen *cyt b* 1140 bp pada penelitian ini menunjukkan keragaman genetik yang rendah antara populasi ikan gabus Bekasi dan Kalimantan. Sekuens nukleotida *cyt b C. striata* yang didapat kaya akan A+T (54,8%), yang hampir serupa dengan banyak spesies ikan lainnya (Johns & Avise 1998).

Bekasi dan Kalimantan Selatan terpisah secara geografis, namun rendahnya keragaman genetik didapatkan pada penelitian ini menimbulkan beberapa dugaan yang mengakibatkan hal ini terjadi. Salah satu dugaan adalah akibat transportasi perdagangan antar-pulau di Indonesia. Transportasi laut bagi Indonesia sebagai negara maritim dan kepulauan memiliki peran dalam pembangunan nasional (Perdana & Soemardjito 2016). Hal tersebut tidak menutup kemungkinan adanya perdagangan ikan gabus sebagai ikan yang bernilai ekonomis dan disukai masyarakat. Jika melihat sebaran haplotipe, diduga perpindahan yang terjadi adalah ikan gabus asal Kalimantan Selatan berpindah ke Bekasi (Jawa).

Menurut Avise (1994), spesies yang berasal dari tetua tunggal dapat menghasilkan haplotipe spesifik karena DNA mitokondria yang diwariskan dari garis ibu. Selain itu, tidak adanya keragaman ekologi yang dapat menstimulasi adaptasi secara lokal (Jama-luddin *et al.* 2011). Sebagai spesies dengan *low migratory behaviour* atau memiliki pergerakan yang terbatas (Chondar 1999), hal ini memperkuat dugaan awal bahwa adanya tetua yang berbeda dalam satu populasi.

Perubahan permukaan laut di waktu geologis telah banyak diteliti sebagai acuan untuk memahami sebaran organisme akuatik maupun terestrial (Darlington 1957). Haplotipe *C. striata* yang tumpang tindih pada penelitian ini yaitu antara populasi di Bekasi (Jawa Barat) dan Kalimantan Selatan yang mana jika dilihat secara geografis merupakan dua pulau yang berbeda serta terpisah lautan. Hal ini diduga erat kaitannya dengan fluktuasi permukaan air laut di masa Pleistosen. Masa glasiasi Pleistosen terjadi pada kisaran 250.000 tahun yang lalu (Voris 2000). Masa Pleistosen menemui beberapa skenario glasiasi dan deglasiasi yang menyebabkan naik turunnya permukaan laut sehingga secara berkala mengubah massa daratan yang terpapar (Song *et al.* 2013; Irwanto 2019).

Selain adanya paparan dataran dan aliran sungai di masa LGM yang menyatukan pulau Kalimantan dan Jawa, kapasitas migrasi spesies, konektivitas perairan, dan kemungkinan faktor antropogenik juga bisa menjadi komponen untuk mempelajari struktur genetik suatu spesies (Song *et al.* 2013). Meskipun *C. striata* memiliki perilaku *low migratory*, beberapa penelitian sebelumnya melaporkan bahwa spesies ini memiliki kapasitas migrasi jarak jauh (>500 km) (Adamson *et al.* 2010; Tan *et al.* 2012).

Seluruh gen *cyt b* sampel *C. striata* asal Indonesia disejajarkan dengan gen *cyt b C. striata* hasil *Blast n* (kode akses: MN057164.1) (Rüber *et al.* 2020) dan *C. striata* asal Hainan, China (kode akses: MN205549.1) (Zhou *et al.* 2019).

Berdasarkan hasil perhitungan jarak genetik dan rekonstruksi pohon filogeni, spesies *C. striata* dari *Genebank* (asal Kalimantan-Indonesia) memiliki kedekatan 100% dengan sampel *C. striata* di Klaster I karena jarak genetiknya adalah 0%. Anomali terjadi pada *C. striata* asal Hainan (kode akses: MN205549.1), yaitu menunjukkan jarak genetik yang cukup jauh dari *C. striata* asal Indonesia (rata-rata jarak genetik 9,2% dengan 91 SNP). Hal ini menyebabkan *C. striata* asal Hainan keluar dari dua klaster besar dan menjadikannya *outgroup*. Jika dilihat secara geografis, Hainan merupakan sebuah pulau yang terpisah sehingga hal ini diduga menyebabkan spesies *C. striata* di Hainan telah mengalami kolonisasi dan bermutasi secara spasial.

Perbedaan jarak genetik yang cukup jauh mengindikasikan bahwa *C. striata* asal Hainan merupakan subspecies atau bahkan spesies yang berbeda dengan *C. striata* asal Indonesia. Berdasarkan penelitian sebelumnya, variasi genetik dalam satu spesies yang sama pada gen *cyt b* adalah kurang dari 3 persen (<3%) (Su *et al.* 1999; Bradley & Baker 2001; Hsieh *et al.* 2001). Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, gen *cyt b* utuh berhasil digunakan untuk mempelajari variasi intra dan interpopulasi pada spesies *C. striata* di wilayah Indonesia. Adanya 2 Haplotipe pada kedua populasi *C. striata* yang menunjukkan sekuen gen *cyt b* utuh membuktikan kemampuannya untuk mengelompokkan populasi *C. striata* Indonesia.

Simpulan

1. Hasil analisis gen cytochrome *b* utuh pada ikan gabus (*Channa striata*) dari dua sebaran geografik berbeda di Indonesia menunjukkan keragaman inter dan intra-populasi dengan 2 Haplotipe (H1 dan H2) serta menunjukkan adanya nukleotida spesifik lokasi. Nilai keragaman genetik yang rendah dari kedua populasi (0,3%), menimbulkan keraguan akan keaslian sampel asal Bekasi dan dugaan adanya introduksi dari Kalimantan akibat perdagangan.
2. Sampel *C. striata* asal Indonesia dan *C. striata* (MN057164.1) memiliki nilai jarak genetik 0% sehingga mengkonfirmasi kesesuaian sekuens gen *cyt b* *C. striata* asal Kalimantan.
3. Rata-rata jarak genetik yang cukup jauh antara *C. striata* asal Indonesia dengan *C. striata* asal Hainan, Cina (9,2%) mengindikasikan bahwa keduanya merupakan spesies yang berbeda.
4. Penelitian lanjutan dan pengambilan sampel dari lokasi berbeda dibutuhkan untuk melengkapi informasi genetik (gen *cyt b* utuh) *C. striata* Indonesia yang ada di Jawa, Kalimantan dan Sumatera.

Persantunan

Penulis berterimakasih pada teman-teman Laboratorium Konservasi Genetik, PPSHB, IPB atas bantuannya dalam proses penelitian ini.

Daftar pustaka

- Adamson EAS, Hurwood DA, Mather PB, 2010. A reappraisal of the evolution of Asian snakehead fishes (Pisces, Channidae) using molecular data from multiple genes and fossil calibration. *Molecular Phylogenetic and Evolution*, 56(2): 707–717.
- Avise JC. 1994. *Molecular Markers, Natural History and Evolution*. Chapman and Hall. New York.
- Baisvar VS, Kumar R, Singh M, Singh AK, Chauhan UK, Mishra AK, Kushwaha B. 2018. Genetic diversity analyses for population structuring in *Channa striata* using mitochondrial and microsatellite DNA regions with implication to their conservation in Indian waters. *Meta Gene*, 16: 28-38.
- Benzinger PSA. 2008. Genetic divergence in *Channa* species. Disertasi. Manonmanian Sundaranar Univ. India. Shodhganga.inflibnet. ac.in/handle/10603/65750
- Bijaksana U. 2010. Kajian fisiologi reproduksi ikan gabus, *Channa striata* Blkr. di dalam wadah dan perairan rawa sebagai upaya domestikasi. *Disertasi*. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Bouza C, Vilas R, Castro J, Martinez P. 2008. Mitochondrial haplotype variability of brown trout populations from north-western Iberian Peninsula, a secondary contact area between lineages. *Conservation Genetics*, 9: 917–920.
- Bradley RD, Baker RJ. 2001. A test of the genetic species concept: cytochrome-b sequences and mammals. *Journal of Mammalogy*, 82(4): 960–973.
- Brown J, Stapien CA. 2008. Ancient divisions, recent expansions: phylogeography and population genetics of the round Gobi *Appolonia melanostoma*. *Molecular Ecology*, 17(11): 2598–2615

- Chondar SL. 1999. *Biology of Finfish and Shellfish*. Howrah: SCSC Publishers (India).
- Courtenay WR, Williams JD. 2004. *Snakeheads (Pisces, Channidae)— A Biological Synopsis and Risk Assessment*. U.S. Geological Survey Circular 1251. Florida
- da Fonseca RR, Johnson WE, O'Brien SJ, Ramos MJ. 2008. The adaptive evolution of the mammalian mitochondrial genome. *BMC Genomics*, 9: 119.
- Daemen E, Cross T, Ollevier F, Volckaert FAM. 2001. Analysis of genetic structure of European eel (*Anguilla anguilla*) using microsatellite DNA and mtDNA markers. *Marine Biology*, 139(4): 755–764.
- Darlington PJ. 1957. *Zoogeography: The Geographical Distribution of Animals*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- [FAO] *Fisheries and Aquaculture Organization*. 2010. *Channa striata* (Bloch 1973). [terhubung berkala]. <http://www.fao.org/> [diunduh 08 Oktober 2019].
- Fink S, Excoffier L, Heckel G. 2004. Mitochondrial gene diversity in the common vole *Microtus arvalis* shaped by historical divergence and local adaptations. *Molecular Ecology*, 13(11): 3501-3514.
- Foot AD, Morin PA, Durban JW, Pitman RL. 2011. Positive selection on the killer whale mitogenome. *Biology Letters*, 7(1): 116-118.
- Fraser DJ, Debes PV, Bernatchez L, Hutchings JA. 2014. Population size, habitat fragmentation, and the nature of adaptive variation in a stream fish. *Proceedings of the Royal Society B*, 281(1790): 20140370.
- Gershoni M, Templeton AR, Mishmamar D. 2009. Mitochondrial bioenergetics as a major motive force of speciation. *BioEssays*, 31(6): 642–650.
- Gustiano R, Ath-thar MHF, Kusmini II. 2019. *Diversiti, Biologi Reproduksi, dan Manajemen Induk Ikan Gabus*. PT Penerbit IPB Press. Bogor.
- Gustiano R, Oktaviani T, Soelistyowati DT, Kusmini II, Wahyutomo, Huwoyon GH. 2013. Analisis ragam genotip RAPD dan fenotip truss morfometrik pada tiga populasi ikan gabus [*Channa striata* (Bloch, 1793)]. *Berita Biologi*, 12 (3): 325-333.
- Habib M, Lakra WS, Mohindra V, Khare P, Barman AS, Singh A, Lal KK, Punia P, Khan AA. 2011. Evaluation of cytochrome b mtDNA sequences in genetic diversity studies of *Channa marulius* (Channidae: Perciformes). *Molecular Biology Reports*, 38(2): 841–846.
- Hsieh H, Chiang H, Tsai L, Lai S, Huang N, Linacre A, Lee JC. 2001. Cytochrome b gene for species identification of the conservation animals. *Forensic Science International*, 122(1): 7-18.
- Irwanto D. 2019. *Sundaland : Tracing The Cradle of Civilizations*. [terhubung berkala]. <http://self.gutenberg.org/> [diunduh 17 Juli 2020].
- Jamaluddin JAF, Pau TM, Siti-Azizah MN. 2011. Genetic structure of the snakehead murrel, *Channa striata* (Channidae) based on the cytochrome c oxidase subunit I gene: influence of historical and geomorphological factors. *Genetics and Molecular Biology*, 34(1): 152-160.
- Jiang S, Zhang K, Ruan Z, Xu J, You X, Shi Q. 2016. The complete mitochondrial genome of Indonesian snakehead, *Channa micropeltes* (Channiformes, Channidae). *Mitochondrial DNA Part B*, 1: 556–557.
- Johns GC, Avise JC. 1998. A comparative summary of genetic distances in the vertebrates from the mitochondrial cytochrome b gene. *Molecular Biology and Evolution*, 15(11): 1481-1490.
- Kocher TD, Thomas WK, Meyer A, Edwards SV, Paabo S, Villablanca FX dan Wilson

- AC. 1989. Dynamics of mitochondrial DNA evolution in animals: Amplification and sequencing with conserved primers. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 86(16):6196-6200.
- Kumar S, Stecher G, Tamura K. 2016. MEGA7: Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution*, 33(7): 1870-1874.
- Kusmini II, Gustiano R, Prakoso VA, Aththar MHF. 2015. *Budidaya Ikan Gabus*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Lecomte F, Grant WS, Dodson JJ, Rodriguez-Sanchez, Bowen BW. 2004. Living with uncertainty: genetic imprints of climate shifts in east Pacific anchovy (*Engraulis mordax*) and sardine (*Sardinops sagax*). *Molecular Ecology*. 13(8): 2169-2182.
- Li X, Musikasinthorn P, Kumazawa Y. 2006. Molecular phylogenetic analyses of snakeheads (Perciformes: Channidae) using mitochondrial DNA sequences. *Ichthyological Research*, 53(2): 148–159.
- Listyanto N, Andriyanto S. 2009. Ikan gabus (*Channa striata*) manfaat pengembangan dan alternatif teknik budi dayanya. *Media Akuakultur*, 4(1): 18–25.
- Makmur S. 2004. Pertumbuhan ikan gabus (*Channa striata* Bloch) di daerah banjiran Talang Fatima DAS Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia Edisi Sumber Daya dan Penangkapan*, 10 (6):1-6.
- McClellan DA, McCracken KG. 2001. Estimating the influence of selection on the variable amino acid sites of the cytochrome b protein functional domains. *Molecular Biology and Evolution*, 18(6): 917-925.
- McClellan DA, Palfreyman EJ, Smith MJ, Moss JL, Christensen RG, Sailsbery JK. 2005. Physicochemical evolution and molecular adaptation of the Cetacean and Artiodactyl cytochrome b proteins. *Molecular Biology and Evolution*, 27(3): 437-455.
- Michelle NYT, Shanti G, Loqman MY. 2004. Effect of orally administered *C. striatus* extract against experimentally induced osteoarthritis in rabbits. *The International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*, 2(3):171–175.
- Muslim. 2007. Potensi, peluang dan tantangan budidaya ikan gabus (*Channa striata*) di propinsi Sumatera Selatan. *Prosiding Forum Perairan Umum Indonesia IV(1):7-11*. Badan Riset Kelautan dan Perikanan Tangkap: Palembang.
- Oelinik AG, Skurikhina LA, Byrkov VA. 2007. Divergence of *Salvelinus* sp from north eastern Asia based on mitochondrial DNA. *Ecology of Freshwaterfish*, 16(1): 87-98.
- Orr HA. 2005. The genetic theory of adaptation: A brief history. *Nature Reviews Genetic*, 6(2):119–127.
- Ozawa T, Hayashi S, Mikhelson VM. 1997. Phylogenetic position of mammoth and Steller's Sea Cow within Tethytheria demonstrated by mitochondrial DNA sequences. *Journal of Molecular Evolution*, 44(4): 406-413.
- Perdana YR, Soemardjito J. 2016. Analisis asal tujuan komoditi utama antar wilayah Pulau Jawa, Kalimantan, dan Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Penelitian Transportasi Multimoda*, 14(1): 1-10.
- Rahim MHA, Ismail P, Alias R, Muhammad N, Jais AMM. 2012. PCR-RFLP analysis of mitochondrial DNA cytochrome b gene among Haruan (*Channa striatus*) in Malaysia. *Gene*, 494: 1-10.
- Rüber L, Tan HH, Britz R. 2020. Snakehead (Teleostei: Channidae) diversity and the eastern Himalaya biodiversity hotspot. *Journal of Zoological Systematics Evolutionary Research*, 58 (1):356-386.
- Schmitz J, Ohme M, Zischler H. 2002. The complete mitochondrial sequence of *Tarsius bancanus*: evidence for an

- extensive nucleotide compositional plasticity of primate mitochondrial DNA. *Molecular Biology and Evolution*, 19(4): 544–553.
- Shafri MAM, Manan MJA. 2012. Therapeutic potential of the haruan (*Channa striatus*): from food to medicinal uses. *Malaysian Journal of Nutrition*, 18(1):125–136.
- Solihin DD. 1994. Peran DNA mitokondria (mtDNA) dalam studi keragaman genetik dan biologi populasi pada hewan. *Hayati*, 1(1):1-4.
- Song LM, Munian K, Rashid ZA, Bhassu S. 2013. Characterisation of Asian Snakehead Murrel *Channa striata* (Channidae) in Malaysia: An insight into molecular data and morphological approach. *The Scientific World Journal*, 2013 (917506): 1-16.
- Su SB, Wang Y, Lan H, Wang W, Zhang Y. 1999. Phylogenetic study of complete cytochrome b genes in Musk Deer (Genus *Moschus*) using museum. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 12(3):241–249.
- Tan MP, Jamsari AFJ, Azizah MNS. 2012. Phylogeographic pattern of the striped snakehead, *Channa striata* in Sunda-land: ancient river connectivity, geographical and anthropogenic signatures. *PLoS One*, 7(12): e52089.
- Tobe SS, Kitchener A, Linacre A. 2009. Cytochrome b or cytochrome c oxidase subunit I for mammalian species identification-an answer to the debate. *Forensic Science International: Genetic Supplement*, 2: 306-307.
- Trumpower BL. 1990. The protonmotive Q cycle. Energy transduction by coupling of proton translocation to electron transfer by the cytochrome bc1 complex. *Journal of Biological Chemistry*, 265(20): 11409-11412.
- Voris HK. 2000. Maps of Pleistocene sea levels in Southeast Asia: shorelines, river systems and time durations. *Journal of Biogeography*, 27(5): 1153–1167.
- Welcomme RL.1981. Register of international transfer of inland fish species. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, 213: 120 p.
- Zhou J, Deng Y, Zhou G. 2019. The mitochondrial genome of striped snakehead *Channa striata* (Perciformes: Channidae) and phylogenetic analysis. *Mitochondrial DNA Part B*, 4(2): 3110-3111.

- Sengupta S, Homechaudhuri S. 2013. DNA barcodes of some threatened freshwater indigenous fishes in India. *Current Science*, 105(1): 84-90.
- Solihin DD. 1994. Peran DNA mitokondria (mtDNA) dalam studi keragaman genetik dan biologi populasi pada hewan. *Hayati*, 1(1):1-4.
- Sudarto, Pouyaud L, Kusuma RV. 2008. Struktur populasi dan sejarah kolonisasi ikan botia (*Chromobotia macracanthus* Bleeker) asal Sumatera dan Kalimantan berdasarkan sekuen intron dari Gen Aldolase-B. *Jurnal Perikanan*, 9(2): 203-212.
- Sudarto, Rizal M. 2007. Variasi morfometri ikan botia (*Botia macracanthus* Bleeker) dari perairan Sumatera dan Kalimantan. *Jurnal Perikanan*, 9(2): 214-219.
- Sunarno MTD, Syamsunarno MB. 2015. Pengaruh naungan terhadap pematangan gonad dan pemijahan ikan belida (*Chitala lopis*) di kolam rawa. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 4(1): 71-77.
- Sunarno MTD, Wibowo A, Subagja. 2007. Identifikasi tiga kelompok ikan belida (*Chitala lopis*) di Sungai Tulang Bawang, Kampar, dan Kapuas dengan pendekatan biometrik. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 13(2): 87-94.
- Voris HK. 2000. Maps of pleistocene sea-levels in South East Asia: shorelines, river systems, time durations. *Journal of Biogeography*, 27(5): 1153-1167.
- Ward RD, Hanner R, Hebert PDN. 2009. The campaign to DNA barcode all fishes, FISH-BOL. *Journal of Fish Biology*, 74(2): 329-356.
- Ward RD, Holmes BH. 2007. An analysis of nucleotide and amino acid variability in the barcode region of cytochrome c oxidase I (*cox1*) in fishes. *Molecular Ecology Notes*, 7(6): 899-907.
- Ward RD, Zemplak TS, Innes BH, Last PR, Hebert PDN. 2005. DNA barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 360: 1887-1857.
- Wibowo A Subagja. 2014. Penilaian indeks kualitas lingkungan untuk menentukan wilayah konservasi ikan belida (*Chitala lopis*) di Sungai Kampar. Riau. *Bawal*, 6(1): 1-9.
- Wibowo A, 2014. Barcoding ikan belida (*Chitala Lopis*) berdasarkan gen *Cytochrome Oxidase Subunit I (COI)* DNA mitokondria. In: Alim Isnansetyo (editor). *Prosiding Seminar Nasional Tahunan XI Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan Tahun 2014 Jilid II*. Jurusan Perikanan dan Kelautan Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta, pp. 227-235.
- Wibowo A, Affandi R, Soewardi K, Sudarto. 2010. Genetic differentiation of the kampar river's giant featherback (*Chitala lopis* Bleeker 1851) base on mitochondrial dna analysis. *Indonesian Fisheries Research Journal*, 16(2): 49-58.
- Wibowo A, Marson. 2012. Fenomena plastisitas fenotipik ikan belida (*Chitala lopis*) di Sungai Kampar. Riau. *Bawal*, 4(3): 195-204.
- Wibowo A. 2012. Struktur genetik populasi ikan belida (*Chitala lopis*. Bleeker 1851) di Waduk Kutopanjang. *Bawal*, 4(1): 53-58.

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 21 Nomor 1 Bulan Februari Tahun 2021, yaitu:

Dr. Angela Mariana Lusiastuti - Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar dan Penyuluhan Perikanan, Bogor

Dr. Akhmad Fairus Mai Soni, MSc - Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau, Jepara

Dr. Dedi Jusadi – Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB, Bogor

Dr. Dinamella Wahjuningrum - Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB, Bogor

Dr. Dini Wahyu Kartika Sari - Departemen Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Dr. Melta Rini Fahmi - Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Ikan Hias, Depok

Dr. Muhaimin Hamzah - Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Halu Oleo, Kendari

Dr. Imron - Balai Penelitian Pemuliaan Ikan, Sukamandi

Prof. Dr. Rudhy Gustiano - Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar dan Penyuluhan Perikanan, Bogor

Dr. Untung Susilo - Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto

Wanwan Kurniawan, MSi – Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta

Dr. Zairion - Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB, Bogor

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.

Metode dituliskan secara lengkap dan jelas. Lokasi dan kapan penelitian disebutkan. Spesifikasi alat disebutkan.

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 artikel ditulis lengkap, huruf capital hanya pada kata pertama dan nama diri. Nama terbitan berkala ditulis lengkap bukan singkatan (ditulis dalam huruf italic), 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 italik. 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: penulistahun, judul artikel. *In*: nama penyunting,

judul monograf (ditulis dengan huruf italik), 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*”.

Artikel ulas balik (*review*) suatu topik, resensi buku, dan komentar atau tanggapan atas suatu artikel tidak perlu mengikuti sistematika penulisan di atas.

Putri Aji Sutarni, Elisa Herawati, Agung Budiharjo Prevalensi endoparasit dan gambaran histopatologi intestinum pada ikan nila, <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758) di kolam budidaya di Desa Janti, Kecamatan Polanharjo, Kabupaten	1
Surianti, Fitriatul Muaddama, Wahyudi Pengaruh konsentrasi dedak padi terfermentasi menggunakan <i>Lactobacillus</i> sp. dalam pakan buatan terhadap kinerja pertumbuhan dan aktivitas enzim ikan nila, <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	11
Adam Robisalmi, Kartiawati Alipin, Bambang Gunadi Efek pembatasan dan pemberian pakan kembali secara berkala terhadap pertumbuhan kompensatori dan faal darah ikan nila merah, <i>Oreochromis</i> spp.	23
BG Hutubessy, JW Mosse, VPY Likumahuwa Hubungan panjang-bobot ikan selar bentong, <i>Selar crumenophthalmus</i> (Bloch, 1793): Pengukuran langsung vs pendekatan hirarki bayesian. . .	39
Alam Putra Persada, Dedy Duryadi Solihin, Ridwan Affandi Karakteristik genetik ikan belida <i>Chitala lopis</i> (Bleeker, 1851) asal Lampung dan Kalimantan berdasarkan gen <i>COI</i>	49
Gita Kusuma Rahayu, Dedy Duryadi Solihin, Nurlisa A. Butet Keragaman populasi ikan gabus, <i>Channa striata</i> (Bloch, 1793) dari Bekasi, Jawa Barat dan Barito Kuala, Kalimantan Selatan menggunakan gen <i>Cytochrome B</i>	61

