

Jurnal Iktiologi Indonesia

(Indonesian Journal of Ichthyology)

Volume 18 Nomor 1 Februari 2018



Diterbitkan oleh:

Masyarakat Iktiologi Indonesia

(The Indonesian Ichthyological Society)



Jurnal Iktiologi Indonesia

p ISSN 1693-0339

e ISSN 2579-8634

Terakreditasi berdasarkan Keputusan Menteri Pendidikan & Kebudayaan No. 040/P/2014,
19 Februari 2014 (berlaku lima tahun sejak tanggal ditetapkan)

Volume 18 Nomor 1 Februari 2018

Dewan Penyunting

Ketua	: M. F. Rahardjo
Anggota	: Agus Nuryanto Achmad Zahid Angela Mariana Lusiastuti Charles P.H. Simanjuntak Djumanto Endi Setiadi Kartamihardja Haryono Kadarusman Lenny S. Syafei Lies Emmawati Hadie Renny K. Hadiaty Sharifuddin bin Andy Omar Teguh Peristiwady Wartono Hadie
Tata letak	: Reiza Maulana

Alamat Dewan Penyunting:

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

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 belanak, *Chelon subviridis* (Valenciennes, 1836)
(Foto oleh Gusti Abi Dzar Al Ghiffary)

Percetakan: CV. Rajawali Corporation

Prakata

Membuka halaman baru tahun 2018 pada JII edisi Februari 2018, anda akan menemukan artikel Akbar *et al.* terkait dengan filogenetik ikan tuna (*Thunnus spp.*) di perairan Maluku Utara. Tulisan kedua yang terkait dengan status spesies adalah tulisan Habibie *et al.* Mereka melaporkan hasil penelitian tentang polikromatik, dimorfisme seksual, dan redeskripsi spesies ikan *red devil* di Waduk Sermo. Ikan ini termasuk ikan asing di waduk tersebut.

Dua artikel yang membahas tentang makanan ikan di perairan laut dikemukakan pada edisi ini. Pertama, makanan dan strategi makan ikan kuniran *Upeneus sulphureus*, Cuvier (1829) di perairan Teluk Kendari, yang disampaikan oleh Asriyana

dan Irawati. Kedua, komposisi dan luas relung makanan dua spesies ikan belanak di Teluk Pabean, diutarakan oleh Al Ghiffary *et al.* Dua spesies tersebut adalah *Chelon subviridis* dan *Moolgarda engeli*.

Dua artikel lain ditulis oleh Zahri *et al.* dan Nugroho *et al.* Zahri *et al.* Penulis pertama, Zahri *et al.* menulis tentang profil hormon FSH, LH, dan estradiol serta kadar glukosa darah sidat yang dirangsang hormon HCG, MT, E2, dan anti dopamin. Penulis kedua, Nugroho *et al.* menulis tentang pola pertumbuhan dan faktor kondisi madidihangdi Samudra Hindia Bagian Timur.

Penyunting

Filogenetik ikan tuna (*Thunnus* spp.) di Perairan Maluku Utara, Indonesia

[Phylogenetic of tuna fish (*Thunnus* spp.) in North Mollucas Sea, Indonesia]

Nebuchadnezzar Akbar^{1✉}, Muhammad Aris², Muhammad Irfan², Irmalita Tahir¹,
Abdurrachman Baksir¹, Surahman³, Hawis H Madduppa⁴, Raismin Kotta⁵

¹Program Studi Ilmu Kelautan. Universitas Khairun, Ternate

²Program Studi Budidaya Perairan. Universitas Khairun, Ternate

³Program Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan. Universitas Khairun, Ternate

⁴Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB, Bogor

⁵Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Ternate

Diterima: 6 Juli 2017; Disetujui: 27 Februari 2018

Abstrak

Ikan tuna (*Thunnus* spp.) adalah ikan pelagis yang memiliki kemampuan ruaya dan nilai komersial. Kondisi oseanografi dan letak geografis mendukung kelimpahan stok sumber daya ikan tuna di Perairan Maluku Utara. Aktivitas penangkapan yang meningkat memberikan pandangan perlu adanya pengkajian filogenetik ikan tuna. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi filogenetik ikan tuna di perairan Maluku Utara. Metode yang digunakan adalah metode PCR-Sekuensing pada lokus mtDNA control region. Analisis molekuler meliputi ekstraksi, *Polymerase Chain Reaction* (PCR), elektroforesis dan sekuensing DNA. Rekonstruksi pohon filogenetik dengan metode *Neighbor joining* dengan model evolusi *Kimura 2-parameter* dilakukan menggunakan aplikasi MEGA5. Hasil penelitian menemukan empat *clade* spesies ikan tuna yang berbeda (tuna mata besar, sirip kuning, alalunga, dan cakalang). Jarak genetik tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dengan sirip kuning (*Thunnus albacares*) adalah 0,084; tuna mata besar dengan tuna alalunga (*Thunnus albacore*) adalah 0,163; tuna sirip kuning dengan tuna alalunga sebesar 0,174; tuna mata besar dengan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) adalah 0,294; cakalang dengan tuna alalunga adalah 0,312; dan tuna sirip kuning dengan cakalang adalah 0,297. Semua hasil menunjukkan perbedaan genetik signifikan. Namun dapat dijelaskan bahwa spesies tuna berasal dari satu keturunan. Filogeografi tuna tidak memiliki batas distribusi yang nyata spesies.

Kata penting: filogeografi, jarak genetik, pohon filogenetik, *Thunnus*

Abstract

The tuna fish (*Thunnus* spp.) is highly migratory and commercial tuna fishery. The fish tuna abundance supported oceanography and geography condition in North Mollucas Sea. The fishery targets catch increase on fish tuna provided a view of the need for assessment of phylogenetic tuna. The study was conducted to infer the phylogenetic in North Mollucas Sea. The research method was PCR-Sequencing. Molecular analysis included extraction, *Polymerase Chain Reaction* (PCR), electrophoresis and DNA sequencing in control region mtDNA locus. Phylogenetic reconstructed with *Neighbor joining* with *Kimura 2-parameter model* using MEGA5. The result showed that four *clade* (*bigeye*, *yellowfin*, *alalunga* and *skipjack*). Genetic distance between bigeye with yellowfin was (0.084), bigeye with alalunga (0.163), yellowfin with alalunga (0.174), bigeye with skipjack (0.294), skipjack with alalunga (0.312) and yellowfin with skipjack (0.297). The overall result showed significant genetic different. That information explain about one populations species tuna. The tuna phylogeography unlimited in geographic distributions.

Keywords: *genetic distance*, phylogenetic, phylogeography, *Thunnus*

Pendahuluan

Wilayah perairan kepulauan Maluku Utara telah lama dikenal sebagai daerah ruaya dan penangkapan ikan paling produktif di Indonesia (KKP 2011). Total produksi penangkapan ikan tuna pada tahun 2011 sebesar 106,5 ton th⁻¹ (KKP 2011). Bailey *et al.* (2012) mengatakan bahwa terdapat beberapa jenis tuna di perairan Indonesia

antara lain tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*), tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*). Selain itu wilayah ini secara geografis terletak di bagian timur Indonesia yang dibatasi oleh Samudra Pasifik, Laut Maluku, Laut Halmahera, dan Laut Seram. Kedudukan ini menyebabkan perairan kedua wilayah dipengaruhi oleh massa arus lintas Indonesia (Arlindo). Molcard *et al.* (2001) menjelaskan Arlindo merupakan aliran arus antarsamudra yang melewati Indonesia

✉ Penulis korespondensi

Alamat surel: nezzarnebuchad@yahoo.co.id

dan memiliki peranan yang penting dalam sistem sirkulasi massa air yaitu menyuplai massa air ke Samudra Hindia. Selain itu, Gordon (2005) melaporkan perairan Maluku Utara dilewati arus termoklin Pasifik selatan dan termoklin Pasifik utara. Pembentukan arus ini akan membantu ikan khususnya tuna dalam beruaya dan bertemu antarpopulasi.

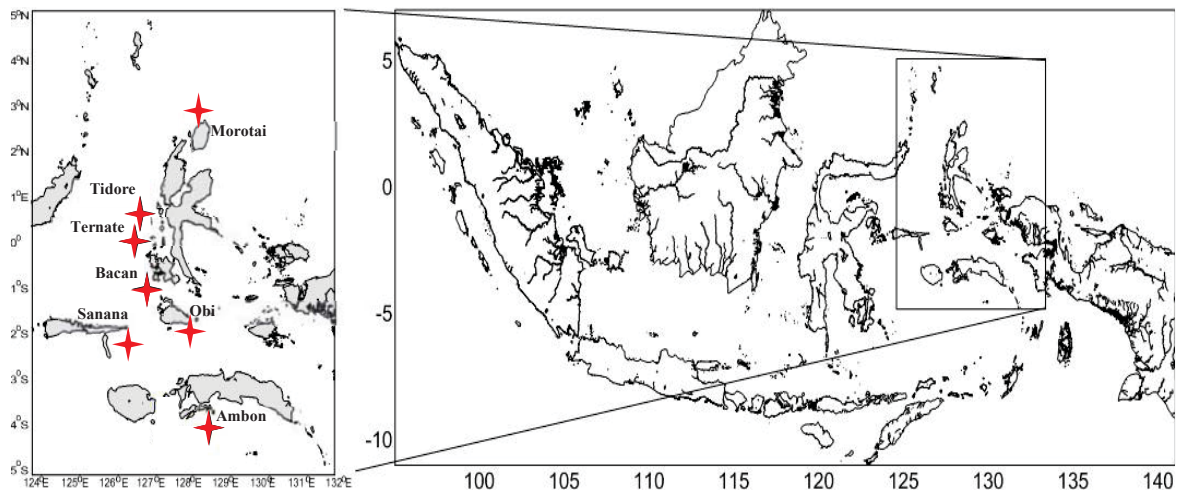
Ikan tuna merupakan spesies pelagis yang beruaya jauh, menyebar secara luas dan beruaya mengikuti pola arus perairan (Bremer *et al.* 1998, Chen *et al.* 2005). Hal ini memberikan peluang ikan bertemu dengan populasi ikan yang lain di perairan. Gaylord & Gaines (2000) mengatakan bahwa arus laut dapat memengaruhi persebaran populasi dan struktur genetik ikan. Gordon & Fine (1996) juga melaporkan bahwa rute pertukaran gen antara organisme tropis di Samudra Hindia dengan Samudra Pasifik terus berlangsung hingga saat ini dan pertukaran gen secara garis besar melalui perantara Arlindo.

Dilihat dari sejarah geologi, Maluku Utara merupakan kepulauan yang terbentuk akibat peristiwa tubrukan lempeng yang terjadi sehingga menyebabkan kenaikan kerak bumi ke atas permukaan laut. Hal ini menyebabkan isolasi yang panjang dan rumitnya pembentukan pulau ini secara geologi telah memberikan fenomena menarik terhadap jenis fauna yang menghuni pulau Halmahera (Hall 1998). De Jong (1998) mengatakan bahwa secara geologis antara pulau Halmahera dan Seram sangat berbeda, di mana pulau Halmahera secara geografis mengarah ke bagian timur Indonesia sedangkan pulau Seram menjulur ke bagian barat Indonesia. Variasi kondisi lingkungan diduga dapat menimbulkan variabilitas genetik pada ikan laut dan perubahan struktur genetik yang diakibatkan terjadinya perubahan tinggi muka air laut pada jaman Pleistosen (Saunders *et al.* 1986, Borsa 2003).

Berbagai penjelasan mengenai geologi dan oseanografi pada Maluku Utara memberikan pandangan bahwa perlu adanya suatu kajian filogenetik untuk menjawab hubungan kekerabatan yang terjadi antara ikan, khususnya tuna yang memiliki kemampuan ruaya yang tinggi. Pengetahuan tentang hubungan kekerabatan suatu spesies diperlukan untuk mempelajari evolusi beberapa taksa yang memiliki kekerabatan dengan membandingkan sekuen DNA nya (Ubadillah & Sutrisno 2009). Baldauf (2003) mengatakan ilmu filogenetik dapat memperkirakan evolusi yang terjadi pada masa lalu dengan membandingkan sekuen DNA atau protein. Campbell *et al.* (2012) menyebutkan filogenetik dapat menunjukkan hubungan evolusioner suatu organisme yang disimpulkan dari data morfologis dan molekuler.

Penelitian filogenetik ikan tuna telah dilakukan oleh beberapa peneliti (Chow & Kishino 1995, Finnerty & Block 1995, Elliott & Ward 1995, Bremer *et al.* 1997, Chow *et al.* 2003) yang melihat hubungan filogenetik diantara spesies tuna dengan menggunakan genom mitokondria dan nuclear. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat diantara spesies tuna dan terjadi pengelompokan yang berbeda antarspesies. Penelitian ikan tuna sendiri di Indonesia dilakukan oleh Permana *et al.* (2007) yang mengkaji variasi genetik ikan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) dan Suman *et al.* (2013) yang melihat struktur genetik ikan tuna pada spesies tuna mata besar (*Thunnus obesus*); sedangkan kajian filogenetik ikan tuna di Indonesia sendiri, hingga sekarang belum terpublikasi dan ditemukan.

Analisis hubungan filogenetik ikan tuna menggunakan teknik DNA sequencing. Teknik ini dipakai untuk mendapatkan informasi genetik dan metode untuk memperoleh urutan basa nukleotida pada molekul DNA (Sanger *et al.* 1977). Freeland (2005) mengatakan DNA sekuensing merupakan



Gambar 1. Zona operasi penangkapan ikan tuna di Perairan Maluku Utara, Indonesia

satu-satunya metode untuk mengidentifikasi pasangan basa dengan tepat antara individu yang berbeda dan memungkinkan untuk menyimpulkan hubungan evolusi. Selain itu teknik ini sangat mudah, cepat, efisien sehingga banyak digunakan sebagai aplikasi dasar (Graham & Hill 2001, Ubaidillah & Sutrisno 2009).

Bahan dan metode

Koleksi sampel

Koleksi sampel dilakukan pada Juli-September tahun 2016 pada Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) dan Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) di pulau Bacan, Tidore, Ternate, Obi, Sanana, Morotai dan Ambon (Gambar 1). Total sampel yang ditemukan pada Maluku Utara ($n=81$) individu. Sampel difoto, diukur panjang, dan diambil bagian sirip dada sepanjang 3 cm; setelah itu disimpan dalam tabung yang telah terisi larutan etanol 96% untuk pengawetan.

Ekstraksi DNA, Polymerase Chain Reaction (PCR), elektroforesis, dan sekuensing

Isolasi sampel DNA mitokondria dilakukan dengan larutan Chelex 10% (Walsh *et al.* 1991).

Ekstraksi DNA dimulai dengan pengambilan sampel jaringan. Amplifikasi dilakukan pada lokus mitokondrial DNA control region menggunakan primer forward CRK 5'-AGCTC AGCGC CAGAG CGCCG GTCTT GTAAA-3' dan primer reverse CRE 5'-CCTGA AGTAG GAACC AGATG-3' (Lee *et al.* 1995). Profil PCR meliputi denaturasi awal pada suhu 94°C selama 15 detik, 38 siklus yang meliputi denaturasi pada 94°C selama 30 detik, annealing pada 50°C selama 30 detik, dan extension pada 72°C selama 45 detik, selama 72°C untuk 5 menit.

Proses elektroforesis dilakukan dengan memasukkan 1 gram agarosa erlenmeyer ditambahkan 100 mL TAE 1x dan dipanaskan di dalam microwave kemudian ditambahkan 4 uL EtBr. Gel agarosa yang sudah jadi kemudian dituangkan di cetakan yang sudah dipasang sisir pembuat sumur dan didiamkan selama 30 menit. Hasil amplifikasi DNA dilakukan dengan metode Sanger (Sanger *et al.* 1977).

Analisis data

Data sequen yang diperoleh dilakukan pengeditan, lalu di BLAST untuk memastikan

akurasi sampel. Hubungan kekerabatan antarpopulasi ditentukan berdasarkan parameter jarak genetik (Nei 1972). Selanjutnya analisis statistik terhadap perbedaan jarak genetik (Nei 1987), identifikasi spesies, dan rekonstruksi pohon filogenetik pada sampel. Keseluruhan menggunakan metode *Neighbor joining* dan model evolusi *Kimura 2-parameter model* yang dilakukan dengan aplikasi MEGA5 (Tamura *et al.* 2011).

Hasil

Karakteristik molekuler

Panjang fragmen hasil amplifikasi PCR dengan primer CRK-CRE pada lokasi mtDNA *control region* adalah 517 bp dari total 81 sampel ikan tuna (Tabel 1). Hampir semua substitusi nukleotida yang diamati ditemukan antara individu (Tabel 3). Jumlah substitusi nukleotida antar ikan cakalang (*K. pelamis*) adalah 28 dan lebih besar

dibandingkan dengan substitusi nukleotida spesies tuna lainnya (Tabel 2).

Pada ikan tuna (*Thunnus*), spesies yang mendominasi substitusi adalah tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dengan jumlah substitusi sebesar 13 nukleotida, tuna alalunga (*Thunnus albacore*) dengan jumlah pergantian nukleotida adalah 11, dan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) memiliki 10 substitusi nukleotida (Tabel 2). Perbedaan jumlah substitusi tuna mata besar dengan tuna alalunga adalah 23 nukleotida, substitusi nukleotida tuna mata besar dengan tuna sirip kuning adalah 19 nukleotida (0,8%), antara ikan tuna mata besar dengan ikan cakalang sebesar 33 nukleotida, ikan cakalang dengan tuna sirip kuning sebanyak 38 nukleotida, tuna alalunga dengan ikan cakalang sebanyak 30 nukleotida; sedangkan ikan tuna alalunga dengan sirip kuning 28 nukleotida (Tabel 4).

Tabel 1. Spesies, nama umum, lokasi, tahun, singkatan dan jumlah sampel ikan tuna (*Thunnus* spp.) yang ditemukan

Spesies	Nama umum	Lokasi dan tahun	Singkatan	Jumlah sampel
<i>Thunnus obesus</i>	Bigeye	Maluku Utara, 2016	BET	40
<i>Thunnus albacares</i>	Yellowfin	Maluku Utara, 2016	YFT	33
<i>Thunnus alalunga</i>	Albacore	6Maluku utara, 2016	ALB	7
<i>Katsuwonus pelamis</i>	Skipjack	Maluku utara, 2016	SKJ	1
Total				81

Tabel 2. Tipe nukleotida, spesies dan substitusi nukleotida pada ikan tuna (*Thunnus* spp.)

Tipe nukleotida	Spesies	Substitusi			
		Cakalang	Mata besar	Sirip kuning	Alalunga
80	Cakalang	28	-	-	-
	Mata besar	-	13	-	-
	Sirip kuning	-	-	10	-
	Alalunga	-	-	-	11

Tabel 3. Distribusi haplotipe dan urutan substitusi nukleotida ikan tuna

Thunnus albacares Maluku utara1	G	C	G	T	A	A	A	C	G	A	A	T	T	T	A	A	G	A	C	T	A	C	C	A	A	T	T	C	C	A	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A	G	T	A	A
---------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

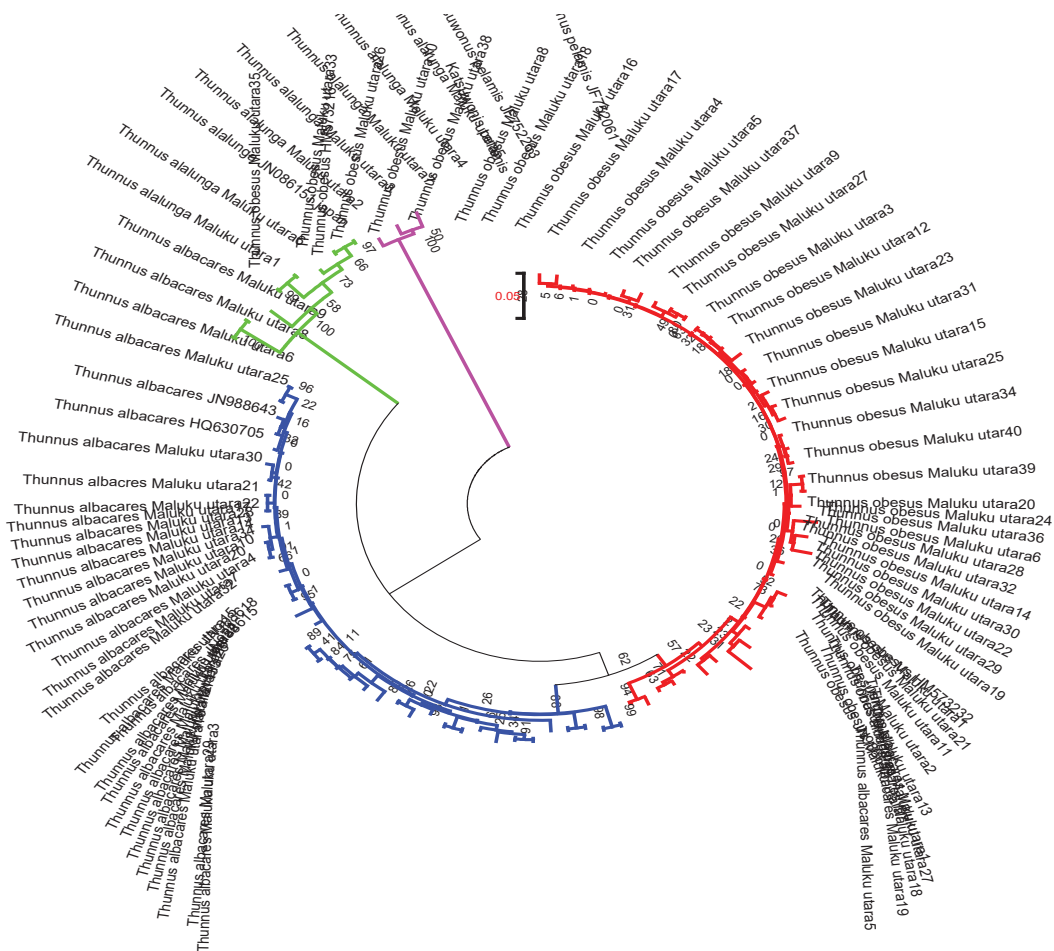
Tabel 4. Substitusi nukleotida antarspesies ikan tuna (*Thunnus* spp.)

Tipe nukleotida	Spesies	Subtitusi			
		Cakalang	Mata besar	Sirip kuning	Alalunga
80	Cakalang	-	33	38	30
	Mata besar	-	-	19	23
	Sirip kuning	-	-	-	28
	Alalunga	-	-	-	-

Analisis filogenetik mtDNA

Analisis filogenetik menggunakan metode *Neighbor-joining* dengan model *Kimura 2-parameter model* diperoleh empat *clade* yakni *clade* pertama untuk spesies ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*), *Clade* kedua untuk tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*), *Clade* ketiga adalah ikan tuna albalung (*Thunnus alalunga*) dan *clade* keempat adalah ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) (Gambar 2). Pohon filogenetik yang dibangun memiliki nilai *bootstrap* diantara 57-100% pada setiap cabang pada kelompok populasi.

Hubungan kekerabatan diperlihatkan oleh kelompok populasi tuna mata besar dan tuna sirip kuning, sedangkan kelompok tuna alalunga dan cakalang terpisah jauh. Hal ini menjelaskan bahwa terjadi divergensi secara genetik antara kelompok tuna alalunga dan cakalang. Rekonstruksi pohon filogenetik didukung hasil analisis jarak genetik antarempat spesies. Jarak genetik tuna mata besar dengan tuna sirip kuning berkerabat dekat, kemudian berkerabat jauh dengan tuna alalunga dan cakalang (Tabel 5).



Gambar 2. Pohon filogenetik spesies tuna (*Thunnus* spp.) Maluku Utara, (tuna mata besar = garis merah, tuna sirip kuning = garis biru, tuna alalunga = garis hijau, ikan cakalang = garis merah muda).

Tabel 5. Jarak genetik antarspesies ikan tuna (*Thunnus* spp.) di Perairan Maluku Utara

Spesies 1	Spesies 2	Jarak Genetik
Tuna sirip kuning	Cakalang	0,297
Tuna sirip kuning	Tuna alalunga	0,174
Cakalang	Tuna alalunga	0,312
Tuna sirip kuning	Tuna mata besar	0,084
Cakalang	Tuna mata besar	0,294
Tuna alalunga	Tuna mata besar	0,163

Pembahasan

Total jumlah haplotipe sebanyak 80 panjang basa (bp) dan substitusi nukleotida antara spesies tuna (*Thunnus* Spp) dengan cakalang berbeda. Hasil yang sama juga diperoleh oleh Chow & Kishino (1995) yakni 51 haplotipe dengan total 292 panjang basa (bp) dan jumlah substitusi berkisar 35-42. Perbedaan ini dikarenakan jumlah sampel yang berbeda. Penelitian Chow & Kishino (1995) menggunakan tiga individu pada spesies tuna yang terbagi atas satu individu sampel yang dikoleksi dan dua sampel dari data DDJB (*DNA Data Bank of Japan*), sedangkan sampel koleksi yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 81 spesies dan terbagi atas sampel ikan tuna mata besar (*T. obesus*), sirip kuning (*T. albacares*), alalunga (*T. albacore*), dan cakalang (*K. pelamis*) (Tabel 4).

Clade pertama adalah populasi ikan tuna mata besar yang memperlihatkan pencampuran antara individu dengan yang lain. Hal ini memungkinkan terjadi dan menjelaskan bahwa genetik kedua populasi ini sangat dekat dan memiliki kesamaan. Hasil penelitian yang sama juga diperoleh Grewe & Hampton (1998) di perairan Samudra Pasifik, Martinez & Zardoya (2005) dan Martinez *et al.* (2006) pada perairan Samudra Atlantik, Chiang *et al.* (2006) pada Laut Cina, Filipina dan Samudra Pasifik bagian barat, dan Chiang *et al.* (2008) di perairan Samudra Hindia.

Clade kedua adalah ikan tuna sirip kuning juga menunjukkan kemiripan pengelompokan berdasarkan individu yang sama. Hal ini mengindikasikan bahwa populasi ikan ini adalah satu keturunan dan beruaya dengan pola ruaya pada lokasi yang sama sehingga mengakibatkan kedua populasi ini menjadi mirip secara genetik. Hasil yang diperoleh didukung oleh Kunal & Kumar (2013) yang menemukan bahwa ditemukan seluruh haplotipe terbentuk didalam pohon filogenetik dan tidak menunjukkan adanya perbedaan secara genetik di perairan India.

Clade ketiga adalah terdapat tuna alalunga juga menunjukkan pembentukan kelompok. Hal ini menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh memiliki kemiripan secara geneologi di dalam individu. Hal yang sama juga diperoleh Nakadate *et al.* (2005) yang memperlihatkan adanya pencampuran populasi dari dua lokasi yang berbeda yakni Atlantik dan Laut Mediterania. Perlu diketahui bahwa ikan tuna alalunga merupakan spesies yang jarang ditemukan di perairan Indonesia, namun tidak menutup kemungkinan tersebar masuk ke perairan Indonesia dan memiliki kedekatan genetik antarindividu yang ditemukan pada daerah lain. Sebagaimana yang ditemukan Davies *et al.* (2011) bahwa tingkat kemiripan genetik rendah antara ikan tuna alalunga (*T. albacore*) yang terdapat di bagian Atlantik Utara dan Laut Mediterania.

Clade empat ditemukan ikan cakalang yang digunakan sebagai *outgroup*. Hasil rekon-

struksi pohon menunjukkan ikan cakalang terdapat di luar kelompok yang lainnya dan berkerabat jauh dengan kelompok spesies tuna (*Thunnus* spp.). Hal ini diungkapkan Collette & Chao (1975) in Matsumoto *et al.* (1984) bahwa spesies ikan cakalang merupakan kerabat jauh dengan spesies tuna namun akan berkerabat dekat jika dibandingkan dengan spesies tuna lainnya seperti *Auxis* dan *Euthynnus*. Keseluruhan hasil sama seperti yang dilaporkan Chow dan Kishino (1995) yang menemukan tiga *clade* yang berbeda namun setiap *clade* terdapat individu yang sama. Chow *et al.* (2003) menjelaskan bahwa tuna mata besar secara genetik lebih dekat dan berkerabat dengan tuna sirip kuning dibandingkan dengan tuna albacore. Hal serupa juga dilaporkan Vinas & Tudela (2009) bahwa terdapat sepuluh *clade* yang berbeda diantara spesies tuna yakni tuna sirip biru Atlantik (*T. atlanticus*), sirip kuning (*T. albacares*), tongkol abu-abu (*T. tonggol*), tuna mata besar (*T. obesus*), tuna sirip biru selatan (*T. moccyii*), tuna sirip biru pasifik (*T. orientalis*), tuna sirip biru (*T. thynnus*), dan tuna alalunga (*T. alalunga*). Hal yang sama juga dilaporkan Tseng *et al.* (2012) dan Kunal & Kumar (2013) bahwa terdapat empat *clade* spesies ikan tuna yang berbeda.

Hasil identifikasi yang menemukan spesies ikan tuna alalunga (*T. alalunga*) di perairan Maluku Utara kemungkinan disebabkan oleh dua faktor. Pertama, larva ikan tuna albacore beruaya masuk mengikuti anakan ikan tuna lainnya, sebagaimana Chow *et al.* (2003) menjelaskan bahwa larva dan juvenile besar spesies ikan tuna albacore (*T. alalunga*), tuna mata besar (*T. obesus*), cakalang (*skipjack*), dan tuna sirip kuning (*T. albacares*) tersebar luas di semua perairan sementara spesies tuna sirip biru pasifik utara (*Thunnus orientalis*) dan spesies Thunnini lainnya yang cenderung lebih dekat dengan pulau-pulau atau daerah pesisir.

Faktor kedua adalah kondisi oseanografis yang mendorong larva tuna albacore terbawa masuk ke perairan Maluku Utara, karena oseanografi merupakan salah satu faktor yang membantu dalam proses pertukaran gen antarpopulasi ikan yang memiliki perbedaan jarak geografis yang jauh. Arus yang terbentuk akibat tiupan angin secara global membantu dalam membawa organisme kecil yang belum memiliki kemampuan berenang. Laevastu & Hayes (1981) mengatakan arus dapat memberikan pengaruh yang besar pada keberadaan ikan karena dapat memengaruhi rute ruaya ikan, tingkah laku ikan, distribusi makan, penyebaran dan kelimpahan ikan serta dapat membawa telur dan larva ikan dari tempat pemijahan ke tempat asuhan. Yuen (1955) in Mimura (1963) menjelaskan telur ikan tuna mata besar ditemukan di perairan Samudra Pasifik dan tercampur dengan telur ikan tuna lainnya.

Jarak genetik yang ditemukan diantara spesies tuna (Tabel 5) memperlihatkan kedekatan genetik tuna mata besar (*T. obesus*) dengan tuna sirip kuning (*T. albacares*). Hasil yang sama diperoleh Chiang *et al.* (2008), Wijana & Mahardika (2010) dan Tseng *et al.* (2012). Kedekatan genetik ikan cakalang (*K. pelamis*) yang diperoleh juga dilaporkan Tseng *et al.* (2012). Perbedaan jarak genetik ini diduga karena pola penyebaran empat spesies ini berbeda sehingga memberikan peluang pertemuan yang kecil dan menimbulkan tidak adanya aliran gen antar populasi. Collette & Nauen (1983) dan Chow *et al.* (2003) melaporkan tuna mata besar (*T. obesus*) dan tuna sirip kuning (*T. albacares*) terdistribusi luas di semua perairan tropis dan memiliki bentuk morfologi yang berbeda saat larva.

Simpulan

Hasil analisis filogenetik ikan tuna (*Thunnus* spp.) menunjukkan bahwa terdapat empat *clade* yang berbeda namun tidak terdapat perbe-

daan genetik yang signifikan diantara spesies tuna. Secara umum dapat dijelaskan bahwa spesies tuna berasal dari satu keturunan dan secara filogeografi tidak memiliki batas distribusi yang nyata.

Daftar pustaka

- Baldauf SL. 2003. Phylogeny for the faint of heart: A tutorial. *Genetics*, 19(6): 345-351.
- Bailey M, Flores J, Pokajam S, Sumaila UR. 2012. Towards better management of Coral Triangle tuna. *Ocean & Coastal Management Journal*, 63(1): 30-42.
- Borsa P. 2003. Genetic structure of round scad mackerel *Decapterus macrosoma* (Carangidae) in the Indo-Malay archipelago. *Marine Biology*, 142(2): 575-581.
- Bremer AJR, Naser I, Ely B. 1997. Orthodox and unorthodox phylogenetic relationships among tunas revealed by the nucleotide sequence analysis of the mitochondrial control region. *Journal of Fish Biology*, 50(3): 540-554
- Bremer JRA, Stequert B, Robertson NW, Ely B. 1998. Genetic evidence for inter-oceanic subdivision of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) populations. *Marine Biology*, 132(4): 547-557.
- Campbell NA, Reece BJ, Urry LA, Cain ML, Wasserman SA, Minorsky PV, Jackson RB. 2012. *Biologi* Jilid 1, Edisi 8. Penerbit Erlangga. Jakarta. 568 hlm.
- Chen IC, Lee PF, Tzeng WN. 2005. Distribution of albacore (*Thunnus alalunga*) in the Indian Ocean and its relation to environmental factors. *Fisheries Oceanography*, 14(1): 71-80.
- Chiang HC, Hsu CC, Lin HD, Ma GC, Chiang TY, Yang HY. 2006. Population structure of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the South China Sea, Philippine Sea and western Pacific Ocean inferred from mitochondrial DNA. *Fisheries Research*, 79(2): 219-225.
- Chiang HC, Hsu CC, Wu GCC, Chang SK, Yang HY. 2008. Population structure of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Indian Ocean inferred from mitochondrial DNA. *Fisheries Research*, 90(1): 305-312.
- Chow S, Kishino H. 1995. Phylogenetic relationships between tuna species of the genus *Thunnus* (Scombridae: Teleostei): inconsistent implications from morphology, nuclear and mitochondrial genomes. *Journal of Molecular Evolution*, 41(2): 741-748
- Chow S, Nohara T, Tanabe T, Itoh S, Tsuji Y, Nishikawa S, Uyeyanagi K, Uchikawa. 2003. Genetic and morphological identification of larval and small juvenile tunas (Pisces: Scombridae) caught by a mid-water trawl in the western Pacific. *Bulletin of Fisheries Research Agency*, 8(3): 1-14
- Collette BB, Nauen CE. 1983. FAO species catalogue. Vol. 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. *FAO Fisheries Synopsis*, 125 Volume 2: 137 p.
- Davies CA, Gosling EM, Was A, Brophy D, Tysklind N. 2011. Microsatellite analysis of albacore tuna (*Thunnus alalunga*): population genetic structure in the North-East Atlantic Ocean and Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 158(2): 2727-2740.
- de Jong R. 1998. Halmahera and Seram: different histories, but similar butterfly faunas. *Biogeography and Geological Evolution of SE Asia*. Backbuys Publisher. Leiden, Netherlands. pp 315-325
- Elliott NG, Ward RD. 1995. Genetic relationships of eight species of Pacific tuna (Teleostei, Scombridae) inferred from allozyme analysis. *Marine and Freshwater Research*. 46(1): 1021-1032.
- Finnerty JR, Block AB. 1995. Evolution of cytochrome b in the Scombroidei (Teleostei: molecular insights into billfish (Istiophoridae and Xiphiidae relationships). *Fishery Bulletin*, 93(1): 78-96.
- Freeland JR. 2005. *Molecular Ecology*. British library cataloguing in publication data. Minion-regular by Thomson Press (India) limited. New Delhi, India.
- Gaylord B, Gaines SD. 2000. Temperature or transport? Range limits in marine species mediated solely by flow. *American Naturalist*, 155(6): 769-789.
- Gordon AL, Fine RA. 1996. Pathways of water between the Pacific and Indian oceans in

- the Indonesian seas. *Nature*, 379(2): 146-149.
- Gordon AL. 2005. The Indonesian seas oceanography of and their throughflow. *Oceanography*, 18(4): 14-27.
- Graham CA, Hill AJM. 2001. *DNA Sequencing Protocols*, second edition. Humana Press. Totowa, New Jersey.
- Grewe P, Hampton J. 1998. An assessment of bigeye (*Thunnus obesus*) population structure in the Pacific Ocean, based on mitochondrial DNA and DNA microsatellite analysis. Marine Research. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australia.
- Hall R. 1998. The plate tectonics of Cenozoic SE Asia and the distribution of land and sea. In: Hall R, Holloway JD (Eds.). *Biogeography and Geological Evolution of SE Asia*. Backhuys Publisher, Leiden. pp. 99-132
- KKP (Kementerian Kelautan dan Perikanan). 2011. Kelautan dan Perikanan dalam Angka 2011. Pusat Data Statistik dan Informasi, Jakarta.
- Kunal SP, Kumar G. 2013. Cytochrome oxidase I (COI) sequence conservation and variation patterns in the yellowfin and longtail tunas. *International Journal of Bioinformatics Research and Applications*, 9(3): 301-309.
- Laevastu T, Hayes ML. 1981. *Fisheries Oceanography and Ecology*. Fishing News Book Ltd. New York. 238 p.
- Lee WJ, Conroy J, Howell WH, Kocher TD. 1995. Structure and evolution of teleost mitochondrial control regions. *Molecular Evolution*, 41(1): 54-66.
- Martinez P, Zardoya R. 2005. Genetic struktur of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Atlantic Ocean. *Collective Volume of Scientific Papers*, 57(1): 195-205.
- Martinez P, Gonzales GE, Castilho R, Zardoya R. 2006. Genetic diversity and historical demography of Atlantic bigeye tuna (*Thunnus obesus*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 39(3): 404-416.
- Matsumoto WM, Skiliman RA, Dizon AE. 1984. Synopsis of biological data on skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*). FAO Fisheries Synopsis, 136: 1-92.
- Mimura K. 1963. Synopsis on the Biology of Big-eye Tuna *Parathunnus mebachii* Kishinouye 1923 (Indian Ocean). Species Synopsis No, 11. FAO Fisheries Biology Synopsis No, 54: 350-379
- Molcard R, Feux M, Syamsudin F. 2001. The Indonesian throughflow within Ombai Strait. *Deep Sea Research I*, 48 (5): 1237-1253.
- Nakadate M, Vinas J, Corriero A, Clarke S, Suzuki N, Chow S. 2005. Genetic isolation between Atlantic and Mediterranean albacore populations inferred from mitochondrial and nuclear DNA markers. *Journal of Fish Biology*, 66(4): 1545-1557.
- Nei M. 1972. Genetic distance between population. *American Nature*, 106: 283-292.
- Nei M. 1987. *Molecular Evolutionary Genetics*. Columbia University. Press. New York. 512 p
- Permana GN, Hutapea JH, Haryanti, Sembiring SBM. 2007. Variasi genetik ikan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) dengan analisis elektroforesis allozyme dan mtDNA. *Jurnal Riset Akuakultur*, 2(1): 41-50.
- Sanger F, Nicklen S, Coulson AR. 1977. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 74(12): 5463-5467.
- Saunders NC, Kessler LG, Avise JC. 1986. Genetic variation and geographic differentiation in mitochondrial DNA of the horseshoe crab (*Limulus polyphemus*). *Genetics*, 112 (2): 613-627.
- Suman A, Irianto HE, Amri K, Nugraha B. 2013. Population structure and reproduction of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in Indian Ocean at western part of Sumatera and southern part of Java and Nusa Tenggara. *Indian Ocean Tuna Commission*, 8 Oktober 2013. 1-14 hal.
- Tamura K, Peterson D, Peterson N, Stecher G, Nei M, Kumar S. 2011. MEGA5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance and maximum parsimony method. *Molecular Biology Evolution*, 28(10): 2731-2739.

- Tseng MC, Jean TC, Smith PT, Hung YH. 2012. Interspecific and intraspecific genetic diversity of *Thunnus* species. In: Çalışkan M (Editor). *Analysis of Genetic Variation in Animals*. InTech, Rijeka - Croatia. pp 63-82
- Ubadillah R, Sutrisno H. 2009. Pengantar biosistematik: teori dan praktek. LIPI Press. Jakarta. 325 hlm
- Vinas J, Tudela S. 2009. A validated methodology for genetic identification of tuna species (Genus *Thunnus*). PLoS ONE, 4(10): 1-10.
- Walsh PS, Metzger DA, Higuchi R. 1991. Chelex-100 as a medium for Simple extraction of DNA for PCR based typing from forensic material. *Biotechniques*, 10(4): 506-513.
- Wijana IMS, Mahardika IGN. 2010. Struktur genetika dan filogeni yellowfin tuna (*Thunnus albacores*) berdasarkan sekuen DNA mitokondria control region sitokrom oksidase I pada diversitas zone biogeografi. *Jurnal Bumi Lestari*, 10(2): 270-274.

Pola pertumbuhan dan faktor kondisi madidihang, *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) di Samudra Hindia Bagian Timur

[Growth pattern and condition factor of yellowfin tuna *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) in Eastern Indian Ocean]

Suciadi Catur Nugroho✉, Irwan Jatmiko, Arief Wujdi

Loka Riset Perikanan Tuna, Denpasar, Bali
Jl. Mertasari No. 140, Sidakarya, Denpasar Selatan, Bali, 80223

Diterima: 3 Agustus 2017; Disetujui: 20 Februari 2018

Abstrak

Tuna madidihang, *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788), merupakan salah satu spesies tuna ekonomis penting dan tersebar di perairan Indonesia, termasuk di WPP 572 (Samudra Hindia bagian barat Sumatera). Salah satu aspek penting yang berkaitan dengan upaya pemanfaatan berkelanjutan adalah pola pertumbuhan dan faktor kondisi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pola pertumbuhan dan faktor kondisi ikan madidihang di Samudra Hindia Bagian Timur. Jumlah ikan contoh yang diukur panjang dan bobotnya adalah 7.550 ekor yang mempunyai sebaran panjang 76-176 cm (rata-rata 129,03 cm) dan modus 150 cm. Hubungan panjang bobot ikan tersebut adalah $W = 4 \times 10^{-5} L^{2.842}$ (R^2 0,957). Secara umum pola pertumbuhan madidihang bersifat allometrik negatif yang berarti bahwa pertambahan panjang lebih cepat daripada bobotnya. Faktor kondisi relatif rata-rata madidihang adalah 0,975 dengan kecenderungan menurun seiring bertambahnya ukuran panjang. Faktor kondisi relatif tertinggi terjadi pada kelas panjang 80 cm sebesar 1,061 dan terendah terjadi pada kelas panjang 170 cm sebesar 0,918. Faktor kondisi relatif bulanan secara umum mengalami dua kali peningkatan dalam satu tahun yaitu dari bulan Februari hingga Juni dan dari Bulan Juli hingga Desember.

Kata penting: alometrik negatif, faktor kondisi relatif, pola pertumbuhan

Abstract

Yellowfin tuna, *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) is one of the important economically for tuna species that spread in Indonesian waters, including in WPP 572 (Indian Ocean west coast of Sumatra). One important aspect relating to sustainable utilization is the growth pattern and the condition factor. This study aims to examine growth patterns and factor conditions of yellowfin tuna in the Eastern Indian Ocean. The number of fish samples measured in length and weight is 7,550 with length range from 76-176 cm (average: 129.03 cm) and mode at 150 cm. The length weight relationship of the species is $W=4 \times 10^{-5} L^{2.842}$ (R^2 0,957). In general the growth pattern of yellowfin tuna is negative allometric which means that the length increase is faster than the weight. The average relative condition factor of yellowfin tuna is 0.975 with a tendency to decrease along with the increasing of its length. The highest relative condition factor occurred at the length class of 80 cm with 1.061 and the lowest occurred at length 170 cm with 0.918. The monthly relative condition factor generally increased twice in one year from February to June and from July to December.

Keywords: growth pattern, negative allometric, relative condition factor,

Pendahuluan

Tuna madidihang, *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) termasuk famili Scombridae dan merupakan kelompok ikan tuna yang tersebar di perairan tropis (Sumadhiharga 2009). Persebaran ikan madidihang di Indonesia meliputi perairan Samudra Hindia (barat Sumatera hingga selatan Jawa, Bali dan Nusa Tenggara), Selat Makasar, Laut Flores, Teluk Tomini, Laut Sulawesi, Laut Arafura, Laut Banda, perairan sekitar Maluku dan

Samudra pasifik (Uktolseja *et al.* 1991; Wudianto & Nikijulw 2004).

Ikan madidihang ditangkap dengan berbagai alat tangkap seperti rawai tuna, pukat cincin, pancing ulur, dan jaring insang. Produksi madidihang yang didaratkan di Pelabuhan Benoa mendominasi sebesar 50% dari total produksi 28.000 ton pada kurun waktu 2010-2014 (Jatmiko *et al.* 2016a). Nilai ini diikuti oleh tuna mata besar sebesar 40% dan tuna sirip biru selatan sebesar 10%. Kebutuhan dan permintaan pasar terhadap tuna

✉ Penulis korespondensi
Alamat surel: suciadi.cn@gmail.com

madidihang yang terus mengalami peningkatan menyebabkan intensitas penangkapan semakin meningkat dan berdampak pada penurunan ukuran stok yang tertangkap, baik dari segi ukuran panjang maupun bobot tiap individu. Status stok madidihang di Samudra Hindia dalam keadaan baik (IOTC 2013, ISSF 2015). Menurut IOTC (2013), laju tangkap madidihang pada perikanan pukat cincin cenderung meningkat, sedangkan laju tangkap armada rawai tuna cenderung stabil. Meskipun sumber daya perikanan termasuk sumber daya yang dapat pulih, namun apabila tidak dilakukan upaya pengelolaan secara baik dan benar dikhawatirkan akan mengancam kelestarian sumber daya tersebut.

Studi tentang hubungan panjang bobot merupakan salah satu informasi penting sebagai data pendukung pengelolaan perikanan. Informasi ini dapat memprediksi berat ikan dari data panjang yang telah diketahui yang selanjutnya dapat digunakan untuk mengestimasi produksi ikan yang didaratkan (Froese 2006). Studi tentang hubungan panjang bobot dan faktor kondisi dapat digunakan untuk mendukung pendugaan stok populasi ikan (Ricker 1979) dan dapat juga digunakan untuk memahami daur hidup spesies ikan seperti aspek reproduksi dan kondisi umum suatu populasi (Pauly 1993).

Beberapa penelitian hubungan panjang bobot tuna madidihang telah dilakukan di beberapa perairan (Nishida & Sono 2007, Zhu *et al.* 2010). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pola pertumbuhan dan faktor kondisi ikan madidihang yang tertangkap di Samudra Hindia Barat Sumatera, sehingga dapat dilakukan tindakan pengelolaan untuk keberlanjutan usaha penangkapannya.

Bahan dan metode

Pengumpulan data dilakukan dengan mengukur panjang cagak dan menimbang bobot madidi-

hang di Pelabuhan Perikanan Samudra (PPS) Bungus, Kota Padang, Sumatera Barat dari bulan Januari hingga Desember 2015. Madidihang tersebut merupakan hasil tangkapan armada rawai tuna yang beroperasi di Samudra Hindia bagian timur (barat Sumatera) (Gambar 1) yang didaratkan di PPS Bungus.

Pengukuran panjang cagak setiap individu dilakukan dengan menggunakan kaliper besar (spesifikasi: panjang sekitar 2 meter dengan ketelitian 1 cm), sedangkan bobot ditimbang dengan timbangan manual berketelitian 1 kg. Data yang dikumpulkan kemudian dianalisis untuk menentukan sebaran panjang dan hubungan panjang bobot..

Hubungan panjang bobot ikan dianalisis untuk menentukan pola pertumbuhan ikan setiap bulan dan secara keseluruhan selama satu tahun. Hubungan panjang bobot madidihang dianalisis dengan model pertumbuhan menurut Bal & Rao (1984) menggunakan persamaan:

$$W = a L^b$$

Keterangan: W= bobot ikan (kg), L= panjang ikan (cm), a= *intercept*, b= koefisien regresi

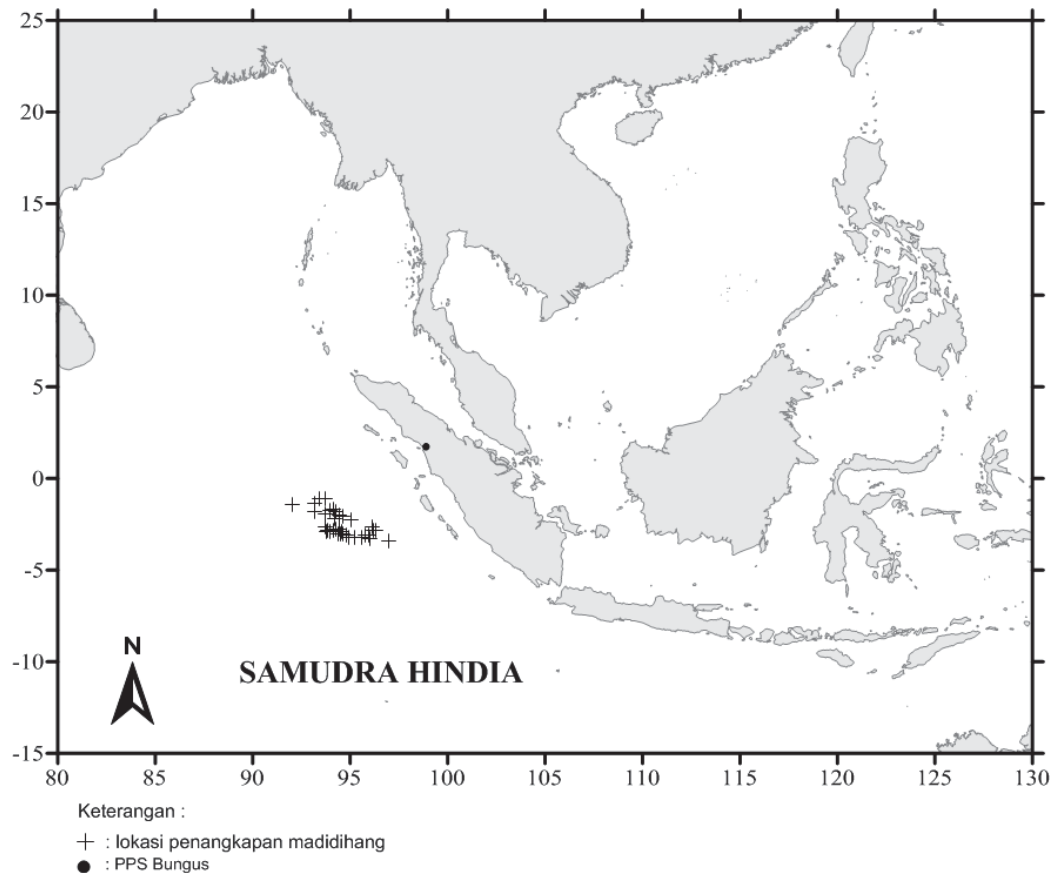
Untuk menentukan apakah nilai b yang diperoleh lebih besar, sama dengan atau lebih kecil dari 3 dilakukan uji-t pada selang kepercayaan 95% (Steel & Torrie 1993).

Analisis faktor kondisi dilakukan pada setiap kisaran panjang dan setiap bulan. Faktor kondisi dihitung dengan membandingkan bobot rata-rata ikan dengan bobot prediksi yang diperoleh dari parameter penghitungan panjang bobot secara umum. Metode penghitungan faktor kondisi relatif menggunakan rumus King (2007):

$$Kn = \frac{W}{W^{\wedge}}$$

Keterangan: K_n = kondisi faktor relatif setiap individu ikan, W = bobot ikan hasil observasi, $W^{\wedge}$ = bobot ikan hasil estimasi ($W^{\wedge} = aL^b$)

Pola hubungan panjang bobot dan perkembangan faktor kondisi ikan disajikan setiap bulan selama penelitian.



Gambar 1. Lokasi penangkapan madidihang yang didaratkan di PPS Bungus

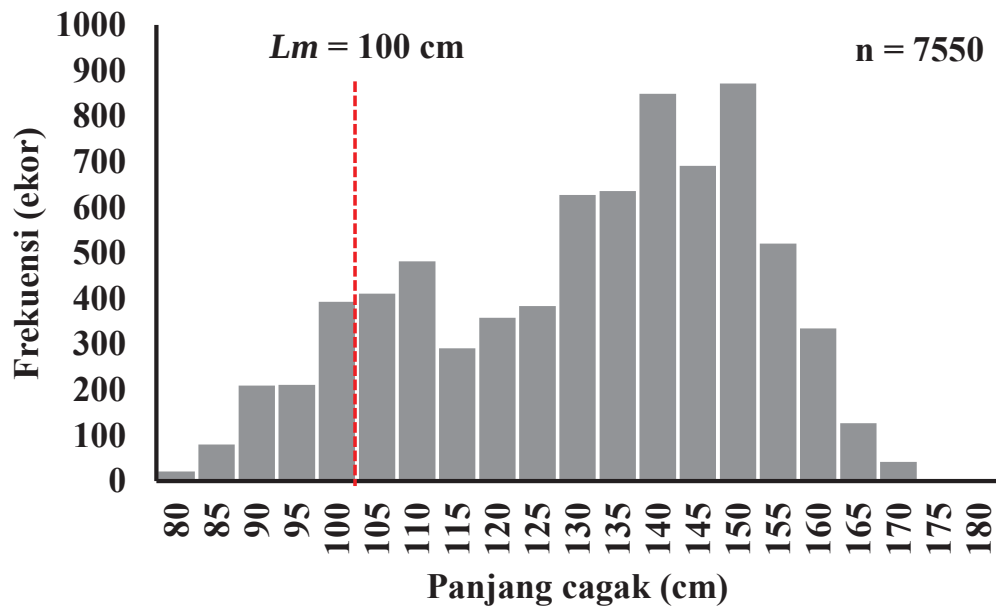
Hasil

Tercatat sebanyak 7.550 madidihang diukur panjang dan bobotnya. Sebaran panjang madidihang tersebut adalah 76 – 176 cm dengan rata-rata 129,03 cm dan modus pada batas atas kelas panjang 150 cm (Gambar 2). Dari ukuran panjang yang diperoleh, diketahui sebesar 87,70% memiliki panjang lebih dari 100 cm.

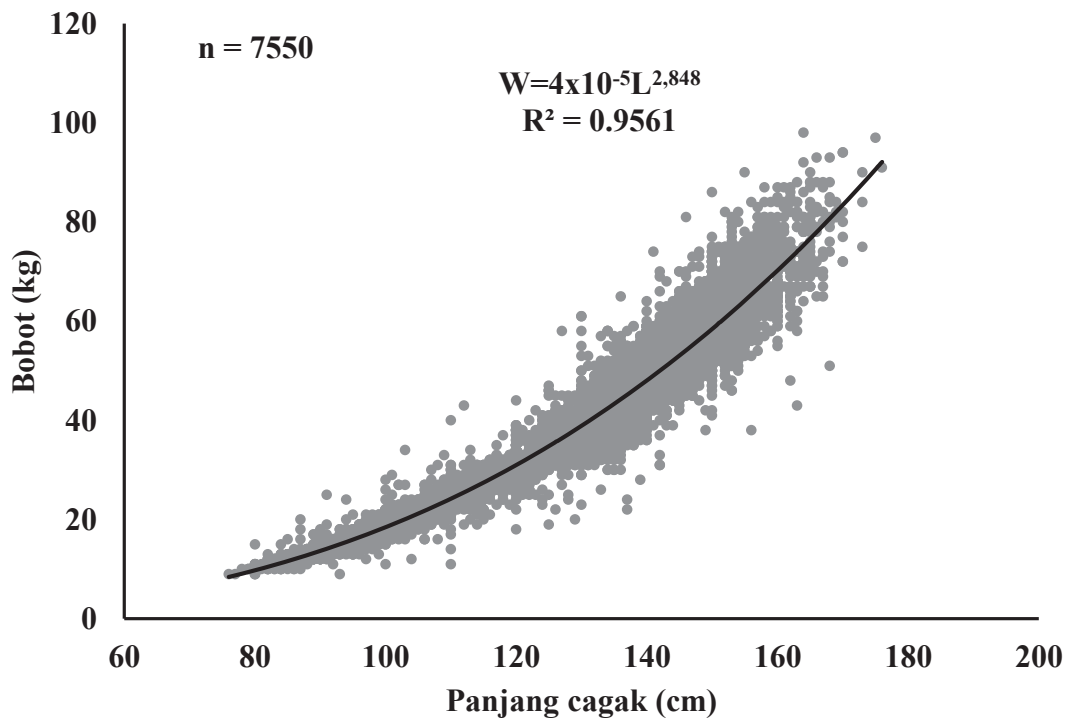
Hubungan panjang bobot madidihang adalah $W = 4 \times 10^{-5} L^{2,842}$ dengan koefisien determinasi (R^2) 0,957. Hal ini menunjukkan bahwa panjang cagak dapat mengestimasi bobot madidihang dengan tingkat keakuratan sebesar 95,7% (Gambar 3). Hasil uji- t nilai b menunjukkan bahwa secara umum pola pertumbuhan madidihang bersifat alometrik negatif yang berarti bahwa pertambahan panjang lebih cepat daripada bobotnya. Hanya pa-

da bulan Desember pola pertumbuhannya bersifat isometrik yang berarti pertambahan panjang proporsional dengan pertambahan bobotnya (Tabel 1).

Rata-rata faktor kondisi relatif madidihang adalah 0,975 dengan kecenderungan menurun seiring bertambahnya ukuran panjang. Faktor kondisi relatif tertinggi terjadi pada batas atas kelas panjang 80 cm sebesar 1,061 dan terendah terjadi pada batas atas kelas panjang 170 cm sebesar 0,918 (Gambar 4). Faktor kondisi relatif bulanan secara umum mengalami dua kali peningkatan dalam satu tahun yaitu dari bulan Februari hingga Juni dan dari Bulan Juli hingga Desember dengan nilai tertinggi terjadi pada bulan Desember sebesar 1,010 dan terendah pada bulan Februari sebesar 0,938 (Gambar 5).



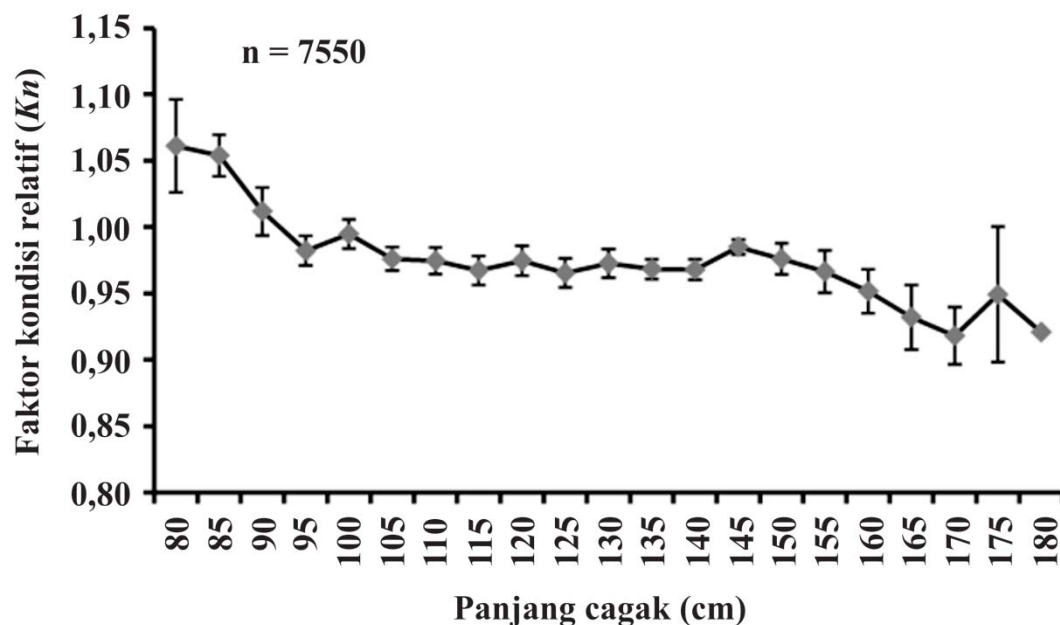
Gambar 2. Frekuensi panjang madidihang (*T. albacares*) yang didaratkan di PPS Bungus, Sumatera Barat pada Januari – Desember 2015. Keterangan : L_m = panjang ikan kali pertama matang gonad

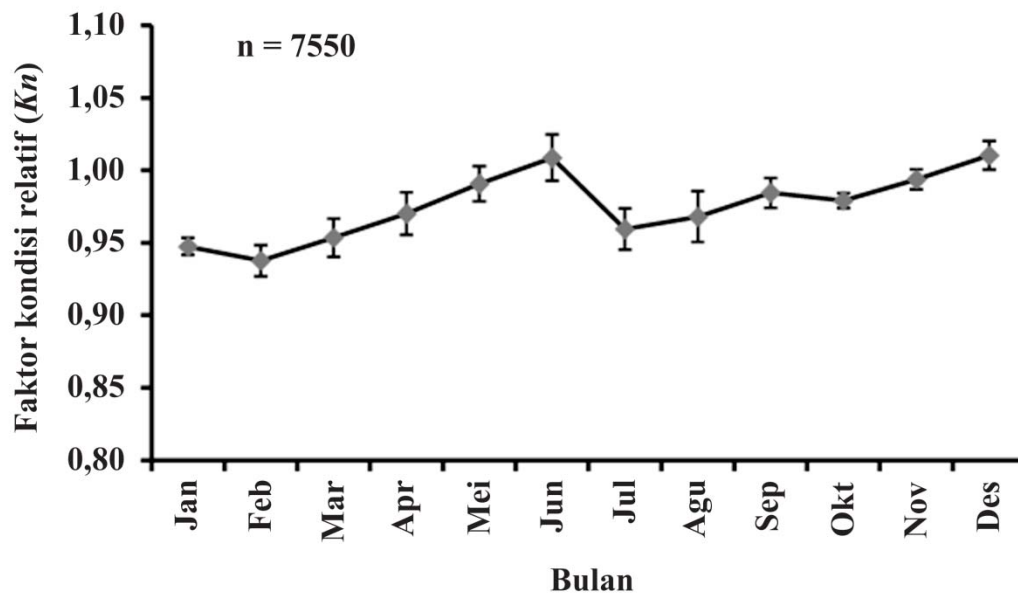


Gambar 3. Hubungan panjang bobot madidihang (*T. albacares*) yang didaratkan di PPS Bungus, Sumatera Barat pada bulan Januari – Desember 2015.

Tabel 1. Parameter dan pola pertumbuhan madidihang (*T. albacares*) yang didaratkan di PPS Bungus, Sumatera Barat pada bulan Januari - Desember 2015

Bulan	N	Panjang cagak (cm)		Berat (kg)		Parameter			Pola pertumbuhan
		Kisaran	Rata-rata	Kisaran	Rata-rata	a	b	R ²	
Januari	425	86 - 173	134,47	11 - 90	43,93	0,00003	2,903	0,950	Alometrik negatif
Februari	346	84 - 173	134,79	10 - 84	43,79	0,00003	2,876	0,958	Alometrik negatif
Maret	291	80 - 168	134,64	9 - 77	43,52	0,00007	2,708	0,931	Alometrik negatif
April	670	83 - 176	137,26	12 - 91	46,23	0,00008	2,677	0,919	Alometrik negatif
Mei	438	82 - 170	136,31	11 - 82	46,95	0,00006	2,751	0,918	Alometrik negatif
Juni	976	80 - 169	133,84	10 - 86	45,85	0,00004	2,852	0,951	Alometrik negatif
Juli	528	78 - 173	133,52	10 - 80	43,53	0,00006	2,758	0,964	Alometrik negatif
Agustus	509	76 - 166	128,73	9 - 78	39,35	0,00010	2,650	0,931	Alometrik negatif
September	554	83 - 169	125,61	12 - 90	37,50	0,00003	2,874	0,945	Alometrik negatif
Oktober	789	85 - 164	127,92	11 - 84	39,32	0,00003	2,891	0,944	Alometrik negatif
November	1132	79 - 170	120,98	9 - 98	35,09	0,00002	2,937	0,971	Alometrik negatif
Desember	892	77 - 175	120,02	9 - 97	36,10	0,00002	2,982	0,978	Isometrik
Total	7550	76 - 176	129,24	9 - 98	40,98	0,00004	2,831	0,953	Alometrik negatif

Gambar 4. Faktor kondisi relatif berdasarkan kisaran panjang madidihang (*T. albacares*) yang didaratkan di PPS Bungus, Sumatera Barat pada bulan Januari - Desember 2015.



Gambar 5. Faktor kondisi relatif madidihiang (*T. albacares*) yang didaratkan di PPS Bungus, Sumatera Barat pada bulan Januari - Desember 2015 .

Pembahasan

Ikan madidihiang yang terukur pada penelitian ini berkisar pada ukuran panjang cagak 76 -176 cm dengan puncak modus pada ukuran 150 cm. Secara keseluruhan, sekitar 87,70% ikan yang tertangkap memiliki panjang lebih dari 100 cm. Nilai tersebut merupakan panjang kali pertama matang gonad madidihiang (IOTC 2013; Zhu *et al.* 2011). Hal ini berarti 87,70% dari total hasil tangkapan ikan madidihiang dapat dikatakan layak tangkap karena diduga telah melakukan pemijahan sebelum ditangkap. Berdasarkan penelitian sebelumnya diketahui bahwa di perairan Samudra Hindia bagian timur ukuran panjang cagak ikan madidihiang yang tertangkap berkisar antara 30-179 cm (Wujdi *et al.* 2015), di perairan Samudra Hindia Selatan Bali dan Lombok ukuran panjang cagak ikan yang tertangkap berkisar 77-180 cm (Jatmiko *et al.* 2016b) dan 70-178 cm (Anggarini *et al.* 2016), di perairan Laut Banda berkisar antara 55 – 215 cm (Damora & Baihaqi 2013), dan perairan Majene Selat Makasar berkisar antara 25-180 cm (Kantun *et al.* 2014).

Pola pertumbuhan ditentukan berdasarkan nilai *b* yang diperoleh dari persamaan hubungan panjang bobot. Nilai *b* menunjukkan hubungan panjang bobot yang diakibatkan oleh faktor ekologis dan biologis (Manik 2009). Faktor ekologis di antaranya adalah musim, kualitas air, suhu, pH, salinitas, posisi geografis, dan teknik sampling (Jenning *et al.* 2001). Faktor biologis meliputi perkembangan gonad, kebiasaan makan, fase pertumbuhan dan jenis kelamin (Froese 2006, Tarkan *et al.* 2006). Kondisi lingkungan yang berubah dapat mengakibatkan kondisi ikan berubah sehingga hubungan panjang bobot akan menyimpang dari hukum kubik (Merta 1993). Sementara King (2007) menyatakan bahwa hubungan panjang bobot ikan dapat digunakan untuk menentukan kemungkinan perbedaan antara jenis yang sama pada stok yang berbeda. Kegunaan lain dari analisis hubungan panjang bobot, yaitu dapat digunakan untuk melakukan estimasi faktor kondisi atau sering disebut dengan *index of plumpness*, yang merupakan salah satu derivat penting dari pertumbuhan untuk membandingkan kondisi atau keadaan kese-

hatan relatif populasi ikan atau individu tertentu (Everhart & Youngs 1981). Analisis hubungan panjang bobot ikan madidihang selama penelitian mengikuti persamaan $W = 4 \times 10^{-5} L^{2.845}$ dengan pertumbuhan bersifat alometrik negatif. Pola pertumbuhan madidihang yang bersifat alometrik negatif ini serupa dengan pola pertumbuhan ikan tersebut di Samudra Hindia bagian selatan Jawa (Triharyuni & Iskandar 2012) dan di perairan Atlantik, Samudra Pasifik bagian timur dan Samudra Hindia (Zhu *et al.* 2010); namun berbeda dengan pola pertumbuhan madidihang yang didaratkan di PPS Bitung yang bersifat alometrik positif (Darondo *et al.* 2014) ataupun dengan pertumbuhan madidihang di Samudra Hindia yang bersifat isometrik (Nishida & Sono 2007). Pola pertumbuhan tersebut dipengaruhi oleh karakteristik perairan dalam menunjang ketersediaan makanan dan habitat yang sesuai. Effendie (2002) menyatakan bahwa makanan yang diambil akan memengaruhi pertumbuhan, kematangan tiap individu dan keberhasilan hidupnya.

Salah satu derivat penting dari pertumbuhan adalah faktor kondisi (Effendie 1997). Faktor kondisi menunjukkan keadaan baik ikan dilihat dari segi kapasitas fisik untuk sintasan dan reproduksi. Faktor kondisi ikan sangat dipengaruhi oleh pola pertumbuhan. Secara teoritis untuk mengetahui faktor kondisi digunakan faktor panjang dan bobot individu. Kondisi lingkungan yang buruk akan menyebabkan berkurangnya bobot tubuh dan bila kondisi lingkungan baik dan cukup nutrisi maka bobot badan akan bertambah.

Pengamatan terhadap contoh ikan madidihang yang didaratkan di PPS Bungus menunjukkan faktor kondisi tertinggi terdapat pada ikan-ikan berukuran kecil dengan faktor kondisi relatif rata-rata adalah 0,978. Hasil penelitian ini berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Nurdin *et al.* (2012) di PPN Prigi yang diperoleh rata-rata

faktor kondisi madidihang adalah 1,99 dan penelitian yang dilakukan oleh Faizah & Aisyah (2011) di Sendang Biru sebesar 1,66. Perbedaan tersebut disebabkan ikan madidihang yang digunakan sebagai contoh pada penelitian Nurdin *et al.* (2012) dan Faizah & Aisyah (2011) merupakan hasil tangkapan di sekitar rumpon sehingga hasil tangkapan didominasi oleh ikan ukuran kecil, sedangkan ikan madidihang dalam penelitian ini merupakan hasil tangkapan rawai tuna yang ukurannya relatif besar. Hasil ini diperkuat oleh pernyataan Effendie (2002) yaitu ikan yang berukuran kecil memiliki faktor kondisi yang lebih tinggi, kemudian menurun ketika ikan tersebut bertambah besar, serta peningkatan nilai faktor kondisi dapat terjadi karena penambahan gonad yang akan mencapai puncak sebelum memijah. Faktor kondisi dapat dipengaruhi oleh ketersediaan makanan, umur, nisbah kelamin, dan tingkat kematangan gonad (Effendie 1979).

Nilai faktor kondisi bulanan terendah terjadi pada bulan Februari sebesar 0,938 dan tertinggi terjadi pada bulan Desember 1,010. Hossain (2010) menyatakan bahwa faktor kondisi merupakan indikator ketersediaan makanan di wilayah perairan dan secara umum siklus perubahan musim dapat memengaruhi perkembangan gonad. Hal ini diduga pada bulan Desember ketersediaan makanan melimpah di laut. Selain ketersediaan makanan faktor kondisi juga dipengaruhi oleh umur, jenis kelamin, dan tingkat kematangan gonad. Namun dalam penelitian ini ketiga unsur tersebut belum dapat dikaji karena tidak tersedia data dan informasi yang lengkap. Oleh karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut yang memusatkan perhatian pada faktor-faktor tersebut.

Simpulan

Pola pertumbuhan madidihang bersifat allometrik negatif yang berarti penambahan pan-

jang lebih cepat daripada pertambahan bobotnya. Secara umum, faktor kondisi relatif madidihang rata-rata adalah 0,978 dan cenderung mengalami peningkatan selama dua kali dalam satu tahun.

Persantunan

Penelitian ini dibiayai dari DIPA kegiatan riset Loka Penelitian Perikanan Tuna (LP2T) pada tahun 2015. Peneliti mengucapkan terima kasih kepada saudara Eka Siswanto sebagai enumerator di PPS Bungus yang telah membantu dalam proses pengumpulan data penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Anggarini KM, Saputra SW, Ghofar A, Setyadji B. 2016. Hasil tangkapan ikan madidihang (*Thunnus albacares*) di Samudra Hindia berdasarkan hasil tangkapan yang didaratkan di Pelabuhan Benoa, Bali. *Journal of Management of Aquatic Resources*, 5(4): 406-411
- Bal DV, Rao KV. 1984. *Marine Fisheries*. Tata Mc.Graw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi. 457 p.
- Damora A, Baihaqi. 2013. Struktur ukuran ikan dan parameter populasi madidihang (*Thunnus albacares*) di perairan Laut Banda. *Bawal*, 5 (1) : 59-65
- Darondo FA, Manoppo L, Luasunaung A. 2014. Komposisi tangkapan tuna *hand line* di Pelabuhan Perikanan Samudra Bitung, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap* 1(6): 227-232
- Effendie IM. 1979. *Metoda Biologi Perikanan*. Yayasan Dewi Sri. Bogor. 112 hlm.
- Effendie IM. 2002. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta. 163 hlm.
- Everhart WH, Youngs WD. 1981. *Principle of Fishery Science*. Second Edition. Comstock Publishing Associates, a Division of Cornell University Press. Ithaca and London. 345 p.
- Faizah R & Aisyah. 2011. Komposisi jenis dan distribusi ukuran ikan pelagis besar hasil tangkapan pancing ulur di Sendang Biru, Jawa Timur. *Bawal*, 3(6): 377-385
- Froese R. 2006. Cube law, condition faktor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4): 241-253
- Hossain Y. 2010. Length-weight, length-length relationship and condition factors of three schibid catfish from the Padma River, Northwestern Bangladesh. *Asian Fisheries Science*, 23 (3): 329-339
- Indian Ocean Tuna Commission (IOTC). 2013. *Report of the Fifteenth Session of the IOTC Working Party on Tropical Tunas*. San Sebastian, Spain, 23–28 October 2013. 93 p.
- International Seafood Sustainability Foundation (ISSF). 2015. ISSF Tuna Stock Status Update, 2015: *Status of the world fisheries for tuna*. ISSF Technical Report 2015-03A. International Seafood Sustainability Foundation, Washington, D.C., USA.
- Jatmiko I, Setyadji B, Novianto D. 2016a. Produksi perikanan tuna hasil tangkapan rawai tuna yang berbasis di Pelabuhan Benoa, Bali. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 22(1): 25-32.
- Jatmiko I, Hartaty H, Nugraha B. 2016b. Estimation of yellowfin tuna production in Benoa Port with weight-weight, length-weight relationships and condition factor approaches. *Indonesian Fisheries Research Journal*. 22 (2): 77-84
- Jennings S, Kaiser MJ, Reynolds JD. 2001. *Marine Fishery Ecology*. Blackwell Sciences, Oxford. 417 p.
- Kantun W, Mallawa A, Rapi NL. 2014. Struktur ukuran dan jumlah tangkapan tuna madidihang (*Thunnus albacares*) menurut waktu penangkapan dan kedalaman di perairan Majene Selat Makasar. *Jurnal Saintek Perikanan*. 9 (2) : 39-48
- King M. 2007. *Fisheries Biology, Assessment and Management*. Second edition. Blackwell Scientific Publication. Oxford. 381 p.
- Manik N. 2009. Hubungan panjang-berat dan faktor kondisi ikan layang (*Decapterus russelli*) dari perairan sekitar Teluk Likupang Sulawesi Utara. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* 35(1) : 65 – 74.
- Merta, IGS. 1993. Hubungan panjang berat dan faktor kondisi ikan lemuru, *Sardinella lemuru* Bleeker, 1853 dari perairan Selat Bali. *Jurnal Penelitian Perikanan Laut*, 73(1) : 35-44
- Nishida, T. & H. Sono. 2007. *Stock Assessment of Yellowfin Tuna (Thunnus albacares) in the*

- Indian Ocean by the Age Structured Production Model (ASPM) Analysis*. Submitted to the IOTC 9th WPTT Meeting, July 16-20. Victoria, 1(17): 3-4.
- Nurdin E, Taurusman AA, Yusfiandayani R. 2012. Struktur ukuran, hubungan panjang bobot dan faktor kondisi ikan tuna di Perairan Pri-gi, Jawa Timur. *Bawal*, 4(2): 67-73
- Pauly D. 1993. *Fishbyte section editorial*. Naga, the ICLARM Quarterly, 16 (2): 26-27
- Ricker WE. 1979. Growth rate and models. In: Hoar WS, Randall DJ, Brett JR (Ed.). *Fish Physiology. Vol. III. Bioenergetics and Growth*. Academic Press. pp. 195-248
- Steel RGD, Torrie H. 1993. *Prinsip dan prosedur statistika suatu pendekatan biometrik*. Di-terjemahkan oleh Bambang Sumantri. Edisi kedua. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 772 p.
- Sumadhiharga OK. 2009. *Ikan Tuna*. Pusat Pene-litian Oseanografi. Lembaga Ilmu Pengeta-huan Indonesia. Jakarta.
- Tarkan AS, Gaygusuz O, Acipinar P, Gursoy C, Ozulug M. 2006. Length-weight relation-ship of fisheries from the Marmara Region (NW-Turkey). *Journal of Applied Ichthyo-logy*, 22(4): 271-283
- Triharyuni S, Prisantoso BI. 2012. Komposisi jenis dan sebaran ukuran tuna hasil tangkapan *longline* di perairan Samudra Hindia selatan Jawa. *Jurnal Saintek Perikanan*, 8(1) : 52-58
- Uktolseja JCB, Gafa B, Bahar S. 1991. Potensi dan penyebaran sumberdaya ikan tuna dan caka-lang. In: Martosubroto P, Naamin N, Malik BBA (editor). *Potensi dan Penyebaran Sumberdaya Ikan Laut di Perairan Indone-sia*. Direktorat Jenderal Perikanan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Osea-nologi. Jakarta. pp. 29-43
- Wudianto, Nikijuluw VPH. 2004. *Guide to Invest on Fisheries in Indonesia*. Directorate of Capital and Investment System. Ministry of Marine Affair and Fisheries Republic of Indonesia. 17 p.
- Wujdi A, Setyadji B, Nugraha B. 2015. Sebaran ukuran panjang dan nisbah kelamin ikan madidihang (*Thunnus albacares*) di Samudra Hindia bagian timur. *Bawal*, 7(3): 175-182
- Zhu G, Xu L, Zhou Y, Song L, Dai X. 2010. Length-weight relationships for bigeye tuna (*Thunnus obesus*), yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and albacore (*Thunnus alalunga*) (Perciformes: *Scombridae*) in the Atlantic, Indian and Eastern Pacific Oceans. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*. 65(2): 717-724
- Zhu G, Dai X, Song L, Xu L. 2011. Size at sexual maturity of bigeye tuna *Thunnus obesus* (Perciformes: *Scombridae*) in the Tropical Waters: a Comparative Analysis. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11(1): 149-156

Makanan dan strategi pola makan ikan kuniran *Upeneus sulphureus*, Cuvier (1829) di perairan Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara

[Food and feeding strategy of sunrise goatfish *Upeneus sulphureus*, Cuvier (1829) in Kendari Bay, Southeast Sulawesi]

Asriyana✉, Nur Irawati

Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan- Universitas Halu Oleo
Jl. HEA Mokodompit Kampus Bumi Tridharma Anduonohu Kendari,
Sulawesi Tenggara 93232, Telp./Fax : 0401-3193782

Diterima: 8 September 2017; Disetujui: 27 Februari 2018

Abstrak

Pengetahuan tentang makanan dan strategi pola makan adalah penting untuk memahami peran ekologi dan kapasitas produktif populasi ikan. Informasi tersebut sangat penting untuk pengembangan rencana konservasi dan pengelolaan sumber daya ikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis makanan dan strategi pola makan ikan kuniran di perairan Teluk Kendari. Pengambilan contoh dilakukan sekali sebulan dari bulan Mei sampai November 2016, dengan jaring insang eksperimental berukuran mata jaring $\frac{3}{4}$, 1, $1\frac{1}{4}$, dan $1\frac{1}{2}$ inci. Kebiasaan makanan dianalisis menggunakan metode indeks bagian terbesar, sedangkan strategi pola makan ditentukan melalui metode Costello yang dimodifikasi oleh Amundsen. Jumlah ikan yang terkumpul sebanyak 386 ekor dengan kisaran panjang total 46,0–176,0 mm dan kisaran bobot 3,0–67,1 g. Ikan dikelompokkan kedalam tiga kelompok ukuran yaitu ukuran kecil (46,0–90,0 mm), sedang (91,0–134,0 mm), dan ukuran besar (135,0–176,0 mm). Ditemukan 28 jenis organisme makanan dalam saluran pencernaan ikan kuniran. Menu makanan didominasi oleh kelompok fitoplankton genus *Thalassiothrix*. Ikan kuniran mengalami perubahan makanan yang signifikan sejalan dengan bertambahnya ukuran panjang tubuh dan waktu. Dalam memanfaatkan makanan di perairan, kuniran umumnya mengembangkan strategi pola makan campuran antara generalis dan spesialis. Strategi pola makan generalis dikembangkan untuk memperoleh semua jenis mangsa, kecuali mangsa *Thalassiothrix* diperoleh dengan strategi pola makan spesialis.

Kata penting: generalis, indeks bagian terbesar, kuniran, strategi pola makan, *Thalassiothrix*

Abstract

Knowledge of food and feeding strategies are essential to understand the ecological role and productive capacity of fish populations. This information is critical for development of conservation and management plans of fishery resources. This study aimed to analyze the food and feeding strategy of sunrise goatfish in Kendari bay. Sampling was done monthly from May to November 2016, with bottom experimental gillnets with mesh size $\frac{3}{4}$, 1, $1\frac{1}{4}$, and $1\frac{1}{2}$ inches. The food habits was analyzed using index of preponderance; while feeding strategy was determined by Amundsen modified Costello method. There were 386 fish with total length and weight ranged from 46.0–176.0 mm and 3.0–67.1 g, respectively. The fish were categorized into 3 groups based on the length sizes. The length sizes were classified into small size (45.0–69.7 mm), medium size (69.8–94.3 mm) and large size (94.4–119.0 mm). Twenty eight species of organisms were found in the digestive system of the sunrise goatfish dominated by the phytoplankton genus *Thalassiothrix*. The sunrise goatfish has significant dietary changes with increasing total length and time. The sunrise goatfish developed mix feeding strategies; specialist and generalist. Generalist strategy developed for all prey, except *Thalassiothrix* obtained by specialist strategy.

Keywords: feeding strategy, generalist, index of preponderance, *Thalassiothrix*, *Upeneus sulphureus*

Pendahuluan

Upeneus sulphureus Cuvier (1829), Family Mullidae di Indonesia dikenal dengan nama kuniran atau biji angka merupakan sumber daya bernilai ekonomis penting. Ikan ini mempunyai kelimpahan yang cukup besar di perairan Teluk

Kendari, Sulawesi Tenggara (Asriyana *et al.* 2009, Asriyana 2011). Ikan kuniran termasuk dalam jenis ikan demersal yang ditunjukkan dengan letak mulut agak ke bawah dan adanya sungut berjumlah dua buah di bagian dagu yang digunakan untuk meraba dalam usaha pencarian makanan (Lagler *et al.* 1962). Umumnya ikan kuniran hidup di dasar perairan dangkal dengan

✉ Penulis korespondensi
Alamat surel: yanasri76@yahoo.com

tipe substrat yang berlumpur atau bercampur pasir (Burhanuddin *et al.* 1984, Sjafei & Susilawati 2001). Tipe habitat merupakan faktor penting yang memengaruhi strategi pola makan spesies dengan menentukan peluang mencari makan. Seekor ikan mungkin harus memilih antara habitat yang menyediakan mangsa lebih berlimpah dan beragam, tapi mangsanya lebih sulit untuk tertangkap, atau habitat yang memiliki jumlah mangsa kurang, namun kesempatan menangkap mangsa lebih baik (Crowder & Cooper 1982).

Penelitian tentang makanan ikan khususnya famili Mullidae telah banyak dilakukan (Boraey & Soliman 1987, Cherif *et al.* 2011), namun penelitian tentang strategi makan terutama untuk spesies *U. sulphureus* belum dilakukan. Penelitian yang ada hanya terbatas pada aspek yang berbeda seperti aspek habitat dan persebaran famili Mullidae (Burhanuddin *et al.* 1984), *U. molluccensis* (Sjafei & Susilawati 2001); biologi reproduksi *U. molluccensis* (Sjafei & Susilawati 2001), *U. sulphureus* (Diandria & Ernawati 2011), *Mullus barbatus* (Celik & Torcu 2000, Metin 2005); pertumbuhan *U. sulphureus* (Boraey & Soliman 1987, Sumiono & Nuraini 2007, Diandria & Ernawati 2011, Asriyana & Irawati 2017), *Mullus barbatus* (Cherif *et al.* 2011), *Mullus surmuletus* (Arslan & İşmen 2013, Kherraz *et al.* 2014). Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini merupakan penelitian awal aspek strategi pola makan pada ikan kuniran spesies *U. sulphureus* Cuvier (1829).

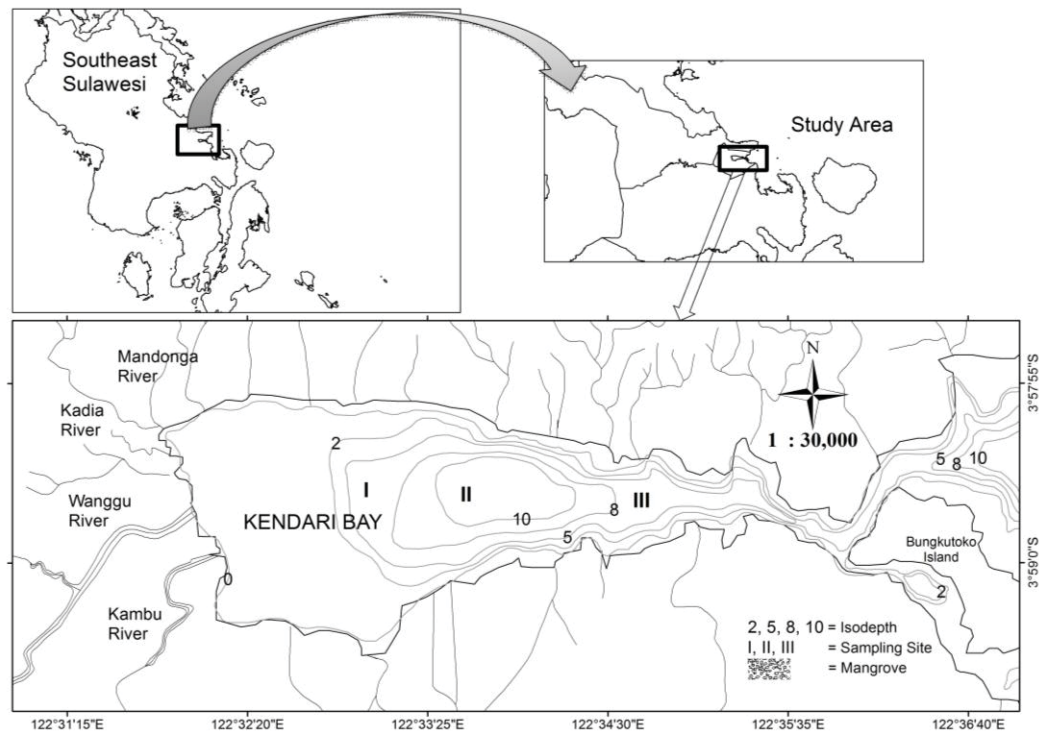
Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara merupakan suatu wilayah estuaria dengan berbagai aktivitas di dalamnya. Peningkatan aktivitas di sekitar perairan Teluk Kendari diperkirakan dapat mengakibatkan perubahan kondisi ekologis perairan tersebut seperti kualitas air, struktur komunitas fitoplankton, zooplankton, dan organisme bentik. Perubahan kondisi ekologis

tersebut selanjutnya dapat memengaruhi populasi ikan seperti yang terjadi di perairan lain (Orpin 2004, Karakassis *et al.* 2005, Jaureguizar & Milesi 2008, Asriyana 2011). Penelitian mengenai makanan dan strategi pola makan ikan kuniran dalam ekosistem yang unik ini akan meningkatkan pengetahuan mengenai ekologi ikan. Pemahaman tentang makanan dan strategi pola makan ikan dapat memberikan informasi mengenai hubungan ekologi diantara organisme perairan seperti bentuk-bentuk pemangsaan, persaingan, dan rantai makanan. Mengingat pentingnya informasi ini, maka penelitian tentang makanan dan strategi pola makan ikan kuniran di perairan Teluk Kendari perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis makanan dan strategi pola makan ikan kuniran *Upeneus sulphureus* di perairan Teluk Kendari.

Bahan dan metode

Penelitian ini dilaksanakan di perairan Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara dari bulan Mei sampai November 2016. Teluk Kendari berada pada 3°57'59,37"–3°59'32,39" LS dan 122°31'38,07"–122°35'55,93" BT (Gambar 1). Stasiun penelitian ditentukan secara horisontal dari wilayah hulu ke hilir Teluk Kendari (Asriyana & Irawati 2017). Penempatan stasiun dimaksudkan agar contoh ikan yang tertangkap mewakili kondisi populasi ikan kuniran di perairan Teluk Kendari.

Stasiun I, perairan bagian hulu. Stasiun ini banyak menerima masukan air tawar dari empat sungai besar (Mandongga, Kadia, Wanggu, dan Kambu). Selain itu juga mendapat masukan bahan organik dan sedimentasi. Bahan organik berasal dari permukiman penduduk, pertambakan, kegiatan pertanian yang terdapat di sepanjang beberapa sungai besar dan kecil. Sedimentasi cukup tinggi di daerah ini berasal dari hasil aktivitas



Gambar 1. Lokasi penelitian, Teluk Kendari Sulawesi Tenggara (Asriyana & Irawati 2017)

penambangan pasir di area sekitar aliran Sungai Wanggu dan Kambu. Kedalaman perairan di stasiun ini maksimal 5 meter.

Stasiun II, perairan bagian tengah, dengan kedalaman sekitar 5 – 10 meter.

Stasiun III, perairan bagian hilir. Stasiun ini berada dekat mulut teluk sehingga lebih banyak dipengaruhi oleh masuknya air laut dari luar Teluk Kendari. Selain itu daerah ini relatif dalam dengan kisaran 5 sampai 8 meter.

Ikan kuniran ditangkap dengan menggunakan jaring insang dasar yang terbuat dari bahan nilon monofilamen dengan panjang 30 m dan tinggi jaring (dari pelampung sampai pemberat ketika digantung di dalam air) sekitar 2 meter untuk setiap ukuran mata jaring yaitu $\frac{3}{4}$, 1, $1\frac{1}{4}$, dan $1\frac{1}{2}$ inci, serta tinggi jaring 7 meter untuk ukuran mata jaring 2 inci. Pengambilan sampel dilakukan setiap bulan di tiga stasiun penelitian.

Seluruh sampel dari setiap ukuran mata jaring digabung dan dikumpul ke dalam kotak berisi es untuk selanjutnya dianalisis di laboratorium.

Di laboratorium, ikan contoh diukur panjang totalnya yaitu panjang ikan dari ujung terdepan bagian kepala hingga ujung terakhir bagian ekor dengan menggunakan papan pengukur ikan berketelitian 1 mm dan bobotnya ditimbang menggunakan timbangan yang ketelitiannya 0,1g. Selanjutnya ikan dibedah dengan pisau bedah dan saluran pencernaannya dikeluarkan dari rongga tubuh dan diawetkan dalam formalin 5%. Seluruh isi saluran pencernaan makanan ikan diukur volumenya dengan teknik pemindahan air (Effendie 1979). Cara yang sama juga dilakukan untuk mengetahui volume saluran pencernaan. Pemeriksaan makanan kuniran tidak membedakan antara saluran pencernaan ikan jantan dan betina.

Dalam menganalisis makanan, isi saluran pencernaan makanan setiap individu diletakkan ke dalam cawan petri. Jenis-jenis makanan ikan yang ditemukan dalam saluran pencernaan diamati di bawah mikroskop binokuler dan diidentifikasi menurut Gosner (1971), Yamaji (1979), Higgins & Thiel (1988), dan Tomas (1997). Kepenuhan lambung ikan kuniran ditentukan berdasarkan perbandingan antara volume material isi lambung dan volume lambung (Cunha *et al.* 2005). Analisis makanan ikan ditentukan melalui indeks bagian terbesar (Natarajan & Jhingran 1961), yaitu:

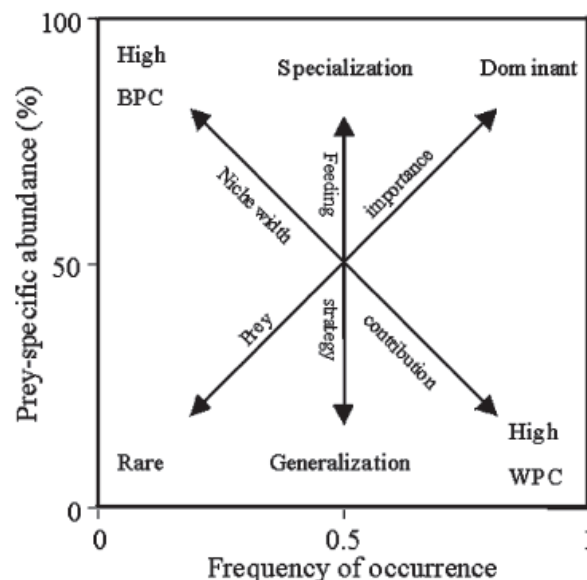
$$I_i = \frac{V_i \times O_i}{\sum_i^n (V_i \times O_i)} \times 100$$

Keterangan: I_i = indeks bagian terbesar, V_i = persentase volume makanan jenis ke- i , O_i = persentase frekuensi kejadian makanan jenis ke- i , n = jumlah total organisme makanan ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

Perbedaan jenis makanan alami antarke-lompok ukuran dan waktu pengamatan diuji de-

ngan statistik non parametrik, Kruskal Wallis dengan tingkat signifikasi (α) = 5% (Sokal & Rohlf 1995). Analisis tersebut dikerjakan dengan bantuan paket program software SPSS 10 (Santoso 2003).

Strategi pola makan ikan kuniran ditentukan dengan memplotkan kelimpahan spesifik mangsa dengan persentase frekuensi kejadian seperti tertera pada Gambar 2. Plot yang dihasilkan memberikan informasi tentang pentingnya mangsa, strategi pola makan, dan luas relung yang disimpulkan melalui posisi mangsa dalam diagram. Jika satu atau beberapa mangsa terletak di kanan atas diagram, maka posisi ini akan menunjukkan strategi pola makan spesialis dengan luas relung yang sempit. Namun jika semua mangsa terletak di sepanjang atau di bawah diagonal dari kiri atas ke kanan bawah plot, maka posisi ini menunjukkan strategi pola makan generalis dengan luas relung yang lebar (Amundsen *et al.* 1996).



Gambar 2. Plot kelimpahan spesifik organisme makanan dengan frekuensi kejadian modifikasi Costello (Hinz *et al.* 2005)

Kelimpahan spesifik organisme makanan dihitung dengan menggunakan metode Costello yang dimodifikasi Amundsen *et al.* (1996) dan La Mesa *et al.* (2008):

$$P_i = \left(\frac{\sum_i S_i}{\sum S_{ti}} \right) \times 100$$

Keterangan: P_i = kelimpahan spesifik organisme makanan; S_i = isi lambung yang berisi organisme makanan ke- i ; S_{ti} = total isi lambung yang berisi organisme makanan ke- i , n = jumlah total organisme makanan ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

Luas relung ditentukan dengan menggunakan indeks Levin's yang dibakukan (Krebs 1989; Labropoulou & Papadopoulou-Smith 1999; Novakowski *et al.* 2008) :

$$B_i = \frac{1}{(n-1)} \left(\left(\frac{1}{\sum_{i,j=1}^n p_{ij}} \right) - 1 \right)$$

Keterangan : B_i = luas relung dibakukan; P_{ij} = proporsi organisme makanan ke- i oleh kelompok ukuran ke- j ; n = jumlah total organisme makanan; Nilai B_i bervariasi dari 0 sampai 1. Nilai B_i tinggi apabila $B_i > 0,6$; moderat apabila nilai $0,4 < B_i < 0,6$; dan rendah apabila $B_i < 0,4$.

Hasil

Kelompok ukuran ikan

Ikan yang tertangkap selama penelitian berjumlah 386 ekor, dengan kisaran panjang total 46,0–176,0 mm dan bobot 3,0–67,1 g. Ikan tersebut dipisahkan dalam tiga kelompok berdasarkan

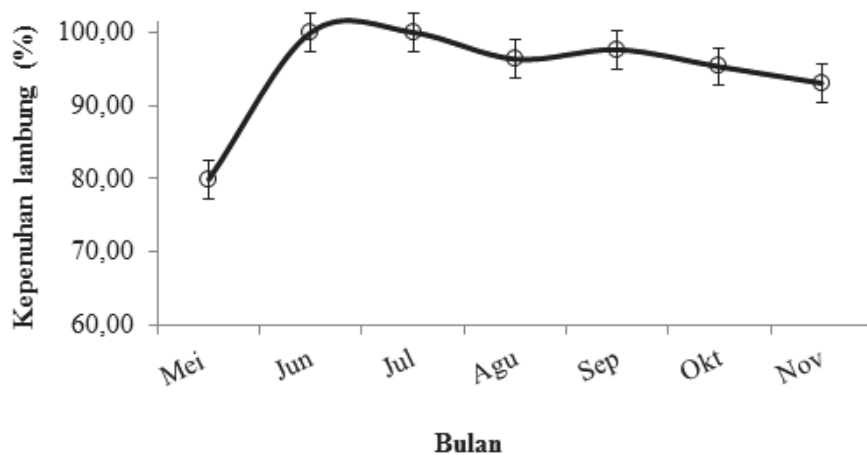
ukuran panjang yaitu ukuran kecil (46,0–90,0 mm), sedang (91,0–134,0 mm), dan ukuran besar (135,0–176,0 mm). Rincian masing-masing kelompok ukuran tertera pada Tabel 1. Ikan berukuran sedang terlihat mempunyai frekuensi terbesar (50,52%), diikuti ikan ukuran kecil (45,34%) dan ukuran besar (4,15%).

Komposisi makanan

Jumlah lambung yang diperiksa dan berisikan makanan adalah 386 buah dan kepenuhan lambung di atas 75% (Gambar 3). Hasil analisis isi lambung menunjukkan bahwa terdapat 28 organisme makanan yang terbagi dalam empat kelompok, yaitu fitoplankton, zooplankton, makro-vertebrata bentik, dan detritus (Tabel 2). Kelompok fitoplankton meliputi 15 genera, zooplankton 11 genera, makro-vertebrata bentik hanya 1 genus, dan detritus. Secara umum, kelompok fitoplankton terlihat mendominasi isi saluran pencernaan ikan kuniran, $I_i=68,69$ dibanding kelompok makanan lainnya (Tabel 3). Dalam kelompok fitoplankton, genus *Thalassiothrix* mempunyai nilai indeks paling besar ($I_i = 28,56$) sedangkan genera lainnya hanya mempunyai nilai $I_i = 0,46$ –8,16. *Calanus* merupakan genus yang mendominasi kelompok zooplankton ($I_i=4,79$) dibandingkan genera lainnya (0,29–4,16).

Tabel 1. Jumlah ikan pada setiap kelompok ukuran

Kelompok	Kisaran panjang (mm)	Bulan							Total (ekor)
		Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	
Kecil	46-90	0	0	6	2	45	115	7	175
Sedang	91-134	2	1	3	14	26	57	92	195
Besar	135-176	3	0	0	4	3	6	0	16
Total		5	1	9	20	74	178	99	386



Gambar 3. Persentase keperuhan lambung ikan kuniran tiap bulan di Teluk Kendari

Tabel 2. Organisme makanan ikan kuniran

Kelompok	Jenis
Fitoplankton	<i>Ankistrodesmus</i> , <i>Ceratium</i> , <i>Coscinodiscus</i> , <i>Guinardia</i> , <i>Istmia</i> , <i>Leptoselindris</i> , <i>Licmophora</i> , <i>Nitzschia</i> , <i>Raphidinium</i> , <i>Rhizosolenia</i> , <i>Selenastrum</i> , <i>Spirulina</i> , <i>Thalassiothrix</i> , <i>Thalassiosira</i> , <i>Trichodesmium</i>
Zooplankton	<i>Acartia</i> , <i>Calanus</i> , <i>Candaina</i> , <i>Creses</i> , <i>Euphasia</i> , <i>Lucifer</i> , <i>Microsetella</i> , <i>Nauplius</i> , <i>Neomysis</i> , <i>Pacudo zon</i> , <i>Zoea</i>
Makro-avertebrata benthik	<i>Helisoma</i>
Detritus	-

Terdapat perbedaan signifikan komposisi makanan antarukuran ikan (uji Kruskal-Wallis pada taraf kepercayaan 95%, [$P < 0,05$; $\alpha = 5\%$, $db = n-2$]) (Tabel 4). Kelompok ikan kuniran ukuran kecil (46,0–90,0 mm) memanfaatkan 12 organisme makanan dan didominasi oleh kelompok fitoplankton terutama genus *Thalassiothrix* ($I_i=31,42$), sedangkan kelompok zooplankton didominasi oleh genus *Lucifer* ($I_i=8,36$). Kelompok ikan berukuran sedang (91,0–134,0 mm) memanfaatkan 24 organisme makanan dan didominasi oleh kelompok fitoplankton dari genus *Thalassiothrix* ($I_i=13,70$), sementara kelompok zooplankton didominasi oleh genus *Lucifer* ($I_i=6,73$). Kelompok ikan berukuran besar (135,0–176,0 mm) memanfaatkan 22 organisme

dan didominasi oleh kelompok fitoplankton dari genus *Thalassiothrix* ($I_i=12,87$), sementara kelompok zooplankton didominasi oleh genus *Microsetella* ($I_i=5,92$). Variasi jumlah jenis makanan terlihat berbeda mengikuti pertambahan panjang, namun dominasi makanan ikan kuniran tetap berasal dari kelompok fitoplankton. Dengan bertambahnya ukuran panjang, secara gradual nilai I_i *Thalassiothrix* semakin rendah (Tabel 4).

Secara umum kisaran nilai luas relung ikan kuniran relatif kecil (0,15–0,28). Walaupun demikian, makanan ikan kuniran semakin beragam dengan bertambahnya ukuran dan sempurnanya organ pencernaan.

Makanan ikan kuniran berdasarkan bulan pengamatan menunjukkan perbedaan signifikan

Tabel 3. Indeks bagian terbesar makanan ikan kuniran

Kelompok	Organisme makanan	Ii
Fitoplankton	<i>Ankistrodesmus</i>	4,72
	<i>Ceratium</i>	2,50
	<i>Coscinodiscus</i>	3,29
	<i>Guinardia</i>	1,94
	<i>Istmia</i>	5,97
	<i>Leptoselindris</i>	8,16
	<i>Licmophora</i>	0,85
	<i>Nitzschia</i>	2,46
	<i>Raphidinium</i>	1,14
	<i>Rhizosolenia</i>	3,22
	<i>Selenastrum</i>	1,46
	<i>Spirulina</i>	3,49
	<i>Thalassiothrix</i>	28,56
	<i>Thalassiosira</i>	0,46
	<i>Trichodesmium</i>	0,46
		68,69
Zooplankton	<i>Acartia</i>	2,86
	<i>Calanus</i>	4,79
	<i>Candaina</i>	0,38
	<i>Creses</i>	1,92
	<i>Euphasia</i>	4,16
	<i>Lucifer</i>	2,55
	<i>Microsetella</i>	1,59
	<i>Nauplius</i>	1,32
	<i>Neomysis</i>	0,29
	<i>Pacudo zon</i>	2,12
	<i>Zoea</i>	1,43
		23,42
Makro-avertebrata bentik	<i>Helisoma</i>	0,83
		0,83
Detritus	-	7,06
		7,06
Total		100,00

(uji Kruskal-Wallis pada taraf kepercayaan 95%, [P < 0,05; α = 5%, db = n-2]) (Tabel 5). Genus *Thalassiothrix* adalah makanan yang ditemukan setiap bulan dengan frekuensi kejadian 100% dan dapat digolongkan sebagai makanan yang berperan penting terhadap ikan kuniran. Sebaliknya jenis makanan lain ditemukan dengan frekuensi kejadian 14–57%, kecuali genera *Leptocylindrus* (86%) dan *Calanus* (71%).

Strategi pola makan

Saat berukuran kecil, ikan kuniran memiliki mangsa *Thalassiothrix* yang terletak di kanan

atas diagram dengan kelimpahan spesifik di atas 50% dan frekuensi kejadian 100% (Gambar 4). Hal ini menunjukkan bahwa *Thalassiothrix* memiliki peran penting dalam menu makanan kuniran. Saat berukuran kecil tersebut, ikan kuniran mengembangkan strategi pola makan spesialis. Selain mengembangkan strategi pola makan spesialis, ikan kuniran tersebut juga mengembangkan strategi pola makan generalis. Hal ini ditunjukkan oleh posisi 11 organisme mangsa yang terletak di sepanjang atau di bawah diagonal dari kiri atas ke kanan bawah plot.

Saat berukuran sedang, kuniran juga menunjukkan strategi pola makan spesialis dan generalis. Strategi pola makan spesialis dikembangkan untuk memperoleh mangsa dari genera *Coscinodiscus* dan *Licmophora*, sebaliknya strategi pola makan generalis dikembangkan dalam memperoleh mangsa lainnya (22 mangsa).

Saat berukuran besar, ikan kuniran hanya mengembangkan strategi pola makan generalis untuk memperoleh mangsanya di perairan (22 mangsa). Strategi makan ikan kuniran juga terlihat dari luas relung makanan. Walaupun kisaran nilai luas relung relatif rendah ($B_i = 0,15-0,28$), namun ikan kuniran umumnya menerapkan strategi generalis dalam memanfaatkan mangsa yang ada di perairan.

Berdasarkan bulan pengamatan, ikan kuniran mengembangkan strategi pola makan generalis (Gambar 5) dalam memperoleh mangsa di perairan, kecuali saat bulan Juli, Agustus, dan Oktober 2016 juga mengembangkan strategi pola makan spesialis. Strategi pola makan spesialis dikembangkan saat mengambil mangsa dari genus *Thalassiothrix*, sedangkan mangsa lainnya diperoleh dengan mengembangkan strategi pola makan generalis.

Tabel 4. Makanan ikan kuniran berdasarkan kelompok ukuran

Kelompok	Organisme Makanan	Indeks Bagian Terbesar / Kelompok Ukuran		
		46,0–90,0	91,0–134,0	135,0–176,0
Fitoplankton	<i>Ankistrodesmus</i>		3,21	4,12
	<i>Ceratium</i>		5,40	
	<i>Coscinodiscus</i>	11,85	4,35	4,12
	<i>Guinardia</i>		3,34	6,17
	<i>Istmia</i>		5,64	7,42
	<i>Leptoselindris</i>	6,72	6,49	5,16
	<i>Licmophora</i>		2,02	
	<i>Nitzschia</i>	3,89	4,26	7,70
	<i>Raphidinium</i>		2,82	3,86
	<i>Rhizosolenia</i>		2,37	4,63
	<i>Selenastrum</i>		1,83	2,84
	<i>Spirulina</i>	1,84		6,04
	<i>Thalassiothrix</i>	31,42	13,70	12,87
	<i>Thalassiosira</i>			2,71
	<i>Trichodesmium</i>		1,69	2,71
		55,71	57,10	70,33
Zooplankton	<i>Acartia</i>	3,57	2,78	4,74
	<i>Calanus</i>	6,38	5,24	3,16
	<i>Candaina</i>		2,56	
	<i>Creses</i>		4,92	1,61
	<i>Euphasia</i>	8,13	5,39	4,15
	<i>Lucifer</i>	8,36	6,73	2,54
	<i>Microsetella</i>			5,92
	<i>Nauplius</i>		2,43	2,06
	<i>Neomysis</i>		1,92	
	<i>Pacudo zon</i>	5,30	4,13	
	<i>Zoea</i>	7,90	2,75	
		39,65	38,85	24,20
Makro-avertebrata benthik	<i>Helisoma</i>			3,09
		0,00	0,00	3,09
Detritus	-	4,61	4,06	2,35
		4,61	4,06	2,35
Total		100,0	100,0	100,0

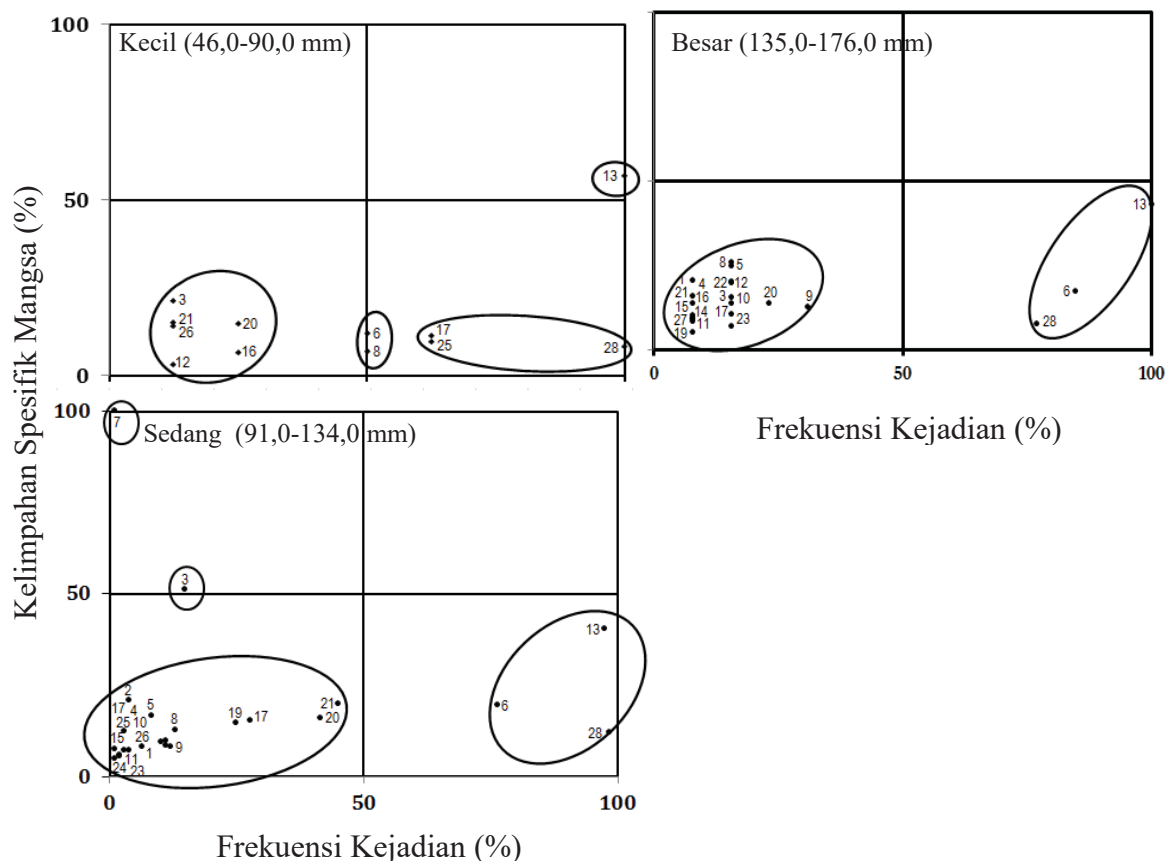
Kruskal-Wallis = $P < 0,05$ ($\alpha = 5\%$, $db = n-2$)

Tabel 5. Indeks bagian terbesar organisme makanan ikan kuniran setiap bulan di perairan Teluk Kendari pada bulan Mei – November 2016

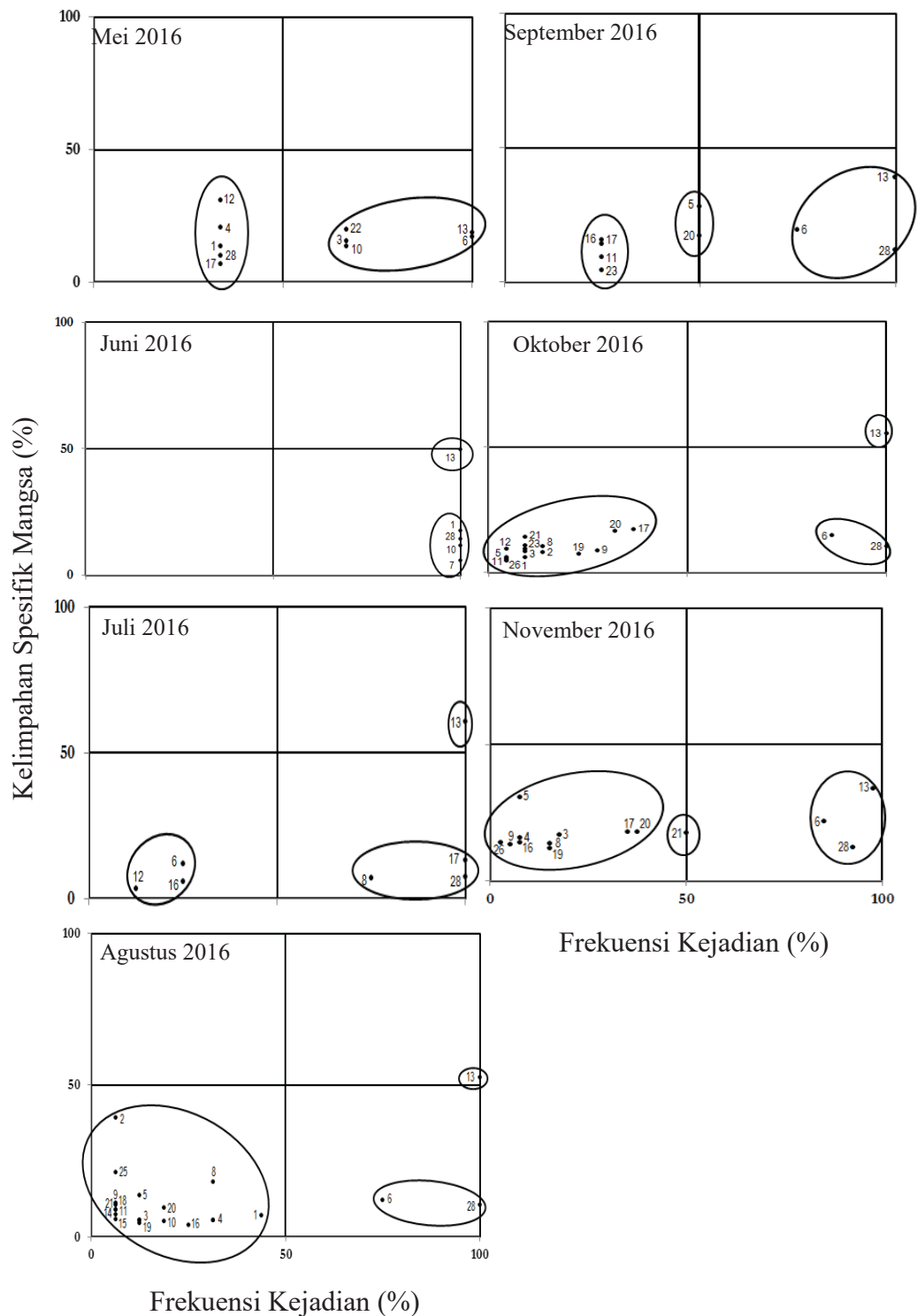
Kelompok	Organisme Makanan	Indeks Bagian Terbesar/Waktu (Bulan)						
		Mei	Juni	Juli	Agus.	Sept.	Okt.	Nov.
Fitoplankton	<i>Ankistrodesmus</i>	7,73	17,89		2,54		4,89	
	<i>Ceratium</i>				14,01		3,67	
	<i>Coscinodiscus</i>	7,73			2,02		2,73	10,52
	<i>Guinardia</i>	11,59			2,01			
	<i>Istmia</i>				4,92	17,62	2,44	16,84
	<i>Leptoselindris</i>	9,66		10,04	4,30	12,10	6,67	14,33
	<i>Licmophora</i>		5,96					
	<i>Nitzschia</i>			5,94	6,50		4,79	
	<i>Raphidinium</i>				4,01		3,95	
	<i>Rhizosolenia</i>	8,69	11,93		1,90			
	<i>Selenastrum</i>				2,15	5,91	2,14	
	<i>Spirulina</i>	17,39		2,82			4,25	
	<i>Thalassiothrix</i>	10,63	49,67	51,75	18,81	24,43	23,88	20,75
	<i>Thalassiosira</i>				3,24			
	<i>Trichodesmium</i>				3,24			
		73,43	85,45	70,55	69,65	60,06	59,42	62,43

Tabel 5 (lanjutan). Indeks bagian terbesar organisme makanan ikan kuniran setiap bulan di perairan Teluk Kendari pada bulan Mei – November 2016

Zooplankton	<i>Acartia</i>		4,90	1,42	9,86	3,81	
	<i>Calanus</i>	3,87	11,07	1,94	8,87	7,77	
	<i>Candaina</i>			2,69			
	<i>Creses</i>			1,60		3,41	8,40
	<i>Euphasia</i>			3,42	10,85	7,45	7,43
	<i>Lucifer</i>			3,81		6,40	7,64
	<i>Microsetella</i>	11,12					
	<i>Nauplius</i>			2,04	2,96	4,26	
	<i>Neomysis</i>			2,02			
	<i>Pacudo zon</i>		7,23	7,64			
	<i>Zoea</i>					2,82	7,22
		14,98	0,00	23,20	26,59	32,54	35,93
Makro- avertebrata bentik	<i>Helisoma</i>	5,80					
		5,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Detritus	-	5,80	14,55	6,25	3,78	7,46	4,71
		5,80	14,55	6,25	3,78	7,46	4,71
Total		100,00	100,00	100,00	100,00	100,06	100,00
Kruskal-Wallis = $P < 0,05$ ($\alpha = 5\%$, db = n-2)							



Gambar 4. Strategi makan ikan kuniran berdasarkan kelompok ukuran. Mangsa: 1. *Ankistrodesmus*, 2. *Ceratiun*, 3. *Coscinodiscus*, 4. *Guinardia*, 5. *Istmia*, 6. *Leptoselindris*, 7. *Licmophora*, 8. *Nitzschia*, 9. *Raphidinium*, 10. *Rhizosolenia*, 11. *Selenastrum*, 12. *Spirulina*, 13. *Thalassiothrix*, 14. *Thalassiosira*, 15. *Trichodesmium*, 16. *Acartia*, 17. *Calanus*, 18. *Candaina*, 19. *Creses*, 20. *Euphasia*, 21. *Lucifer*, 22. *Microsetella*, 23. *Nauplius*, 24. *Neomysis*, 25. *Pacudo zon*, 26. *Zoea*, 27. *Helisoma*, 28. Detritus



Gambar 5. Strategi makan ikan kuniran berdasarkan bulan pengamatan. Mangsa: 1. *Ankistrodesmus*, 2. *Cerartium*, 3. *Coscinodiscus*, 4. *Guinardia*, 5. *Istmia*, 6. *Leptoselindris*, 7. *Licmophora*, 8. *Nitzschia*, 9. *Raphidinium*, 10. *Rhizosolenia*, 11. *Selenastrum*, 12. *Spirulina*, 13. *Thalassiothrix*, 14. *Thalassiosira*, 15. *Trichodesmium*, 16. *Acartia*, 17. *Calanus*, 18. *Candaina*, 19. *Creses*, 20. *Euphasia*, 21. *Lucifer*, 22. *Microsetella*, 23. *Nauplius*, 24. *Neomysis*, 25. *Pacudo zon*, 26. *Zoea*, 27. *Helisoma*, 28. *Detritus*

Pembahasan

Kelompok ukuran ikan

Kelimpahan ikan kuniran ukuran sedang selama penelitian di perairan Teluk Kendari lebih besar dibanding kelompok ukuran lainnya. Kondisi ini berhubungan dengan kondisi perairan Teluk Kendari yang menyediakan tempat perlindungan dan pembesaran bagi ikan kuniran. Kondisi tersebut didukung oleh tersedianya daerah makanan dan pembesaran di sekitar Stasiun I yang banyak ditumbuhi mangrove. Tumbuhan mangrove memberikan tempat berlindung dari predator sehingga menarik perhatian ikan-ikan muda untuk menggunakan daerah ini sebagai daerah asuhan dan pembesaran. Selain itu adanya partikel-partikel serasah yang dihasilkan tumbuhan mangrove merupakan sumber makanan bagi biota perairan yang menggunakan daerah ini sebagai habitat, daerah asuhan, dan pembesaran (Blaber & Blaber 1980, Beck *et al.* 2001, Elliott & Hemingway 2002, Baker & Sheaves 2005, Jin *et al.* 2007, Asriyana *et al.* 2009, Green *et al.* 2009, Wang *et al.* 2009, Nanjo *et al.* 2014, Edworthy & Strydom 2016). Umumnya ikan estuari bermigrasi saat pasang ke daerah lumpur intertidal, yang menyediakan sumber daya makanan yang melimpah. Wilayah intertidal estuari, umumnya dianggap sebagai daerah pembibitan karena menyediakan makanan dan perlindungan bagi ikan laut remaja dari serangan predator (Asriyana *et al.* 2004, Olivera *et al.* 2004, Rahardjo *et al.* 2006, Edworthy & Strydom 2016). Berdasarkan hal tersebut maka dapat dinyatakan bahwa perairan Teluk Kendari digunakan oleh ikan kuniran sebagai daerah asuhan dan pembesaran.

Komposisi makanan

Secara umum, fitoplankton merupakan kelompok makanan yang berperan penting dalam

kehidupan ikan kuniran ($I_i = 68,69$). Hasil analisis makanan menunjukkan bahwa dari kelompok fitoplankton, genus *Thalassiothrix* mempunyai indeks bagian terbesar paling besar ($I_i = 28,56$) dan diikuti oleh *Leptocylindrus* ($I_i = 8,16$) (Tabel 3). Hal ini berarti kedua organisme makanan tersebut merupakan makanan yang berperan penting untuk ikan kuniran. Walaupun kelompok zooplankton, makro-avertebrata benthik, dan detritus merupakan makanan ikan kuniran, namun ketiga kelompok tersebut memiliki nilai indeks bagian terbesar yang rendah ($I_i < 8,00$) dibandingkan kelompok fitoplankton. Tingginya nilai kelompok fitoplankton tersebut disebabkan oleh kelimpahan fitoplankton terutama famili Bacillariophyceae di perairan Teluk Kendari cukup tinggi (8.484 sel.L^{-1}) dibandingkan famili Crustacea ($5.191 \text{ individu.L}^{-1}$) dan makro-avertebrata benthik ($351 \text{ individu.m}^{-2}$) (Asriyana 2011). Kondisi lambung yang penuh di atas 75% (Gambar 3) menunjukkan bahwa genera fitoplankton tersebut merupakan makanan yang penting untuk ikan kuniran. Selain itu, tidak ditemukannya kondisi lambung yang kosong saat sampling diduga mengindikasikan kuniran mempunyai laju pengosongan usus yang sebanding dengan jumlah makanan yang dicerna dan ikan tersebut makan setiap saat, seperti yang ditemukan pada ikan *Sardinops sagax* (Van der Lingen 1988) dan *Sardina pilchardus* (Cunha *et al.* 2005).

Komposisi makanan kuniran antara kelompok ukuran terlihat berbeda (uji Kruskal-Wallis pada taraf kepercayaan 95%, [$P < 0,05$; $\alpha = 5\%$, $db = n-2$]) (Tabel 4). Jumlah variasi makanan yang dikonsumsi kuniran saat berukuran kecil lebih rendah dibanding saat berukuran sedang dan besar. Demikian pula hanya dengan indeks bagian terbesar (I_i) genus *Thalassiothrix* cukup tinggi saat berukuran kecil dan menurun dengan bertambahnya ukuran ikan. Tingginya

fitoplankton yang dikonsumsi saat berukuran kecil disebabkan oleh fitoplankton tersebut merupakan anggota dari famili Bacillariophyceae yang mudah dicerna oleh ikan berukuran kecil (Lannan *et al.* 1983, Asriyana *et al.* 2004, Asriyana *et al.* 2010, Asriyana & Syafei 2012).

Fitoplankton genus *Thalassiothrix* merupakan makanan dominan ikan kuniran untuk semua kelompok ukuran. Jenis makanan dominan merupakan jenis makanan yang memiliki kontribusi (volume) besar dalam saluran pencernaan ikan kuniran. Sebaliknya, makanan dominan dari kelompok zooplankton beralih dari genus *Lucifer* (saat berukuran kecil dan sedang) menjadi genus *Microsetella* (saat berukuran besar). Perubahan mangsa ikan kuniran dari genus *Lucifer* menjadi *Microsetella* saat berukuran besar diduga berkaitan dengan tingginya kandungan gizi dari *Microsetella*. *Microsetella* merupakan kelompok copepoda dari ordo Harpacticoida yang mempunyai kandungan gizi lebih tinggi dibandingkan jenis lainnya. Harpacticoida kaya akan EPA dan DHA serta tingkat produktivitasnya lebih tinggi dari Calanoida dan Cyclopoida. Selain itu juga mempunyai enzim-enzim seperti Δ -5, Δ -6 desaturase dan elongase yang diperlukan untuk mengubah asam lemak esensial rantai pendek (LNA-18:3n3) menjadi kandungan asam lemak esensial rantai panjang DHA (22:6n3) dan EPA (20:5n3), serta omega 3 yang mengandung asam lemak tak jenuh (HUFA) tinggi (Nugraha & Hismayasari 2011). Tingginya kandungan gizi yang dimiliki ordo ini diduga menjadi penyebab *Microsetella* menjadi mangsa ikan berukuran besar karena terkait dalam pemenuhan kebutuhan nutrisi. Selain itu ordo ini memiliki gerakan yang zig-zag meluncur pendek dan patah-patah, sehingga lebih menarik perhatian ikan daripada *Rotifer* dan *Artemia* (Lavens & Sorgelos 1996). Model gerakan ini diduga menjadi daya tarik ikan berukuran

besar untuk memangsa *Microsetella*. Kondisi ini berkaitan dengan kemampuan gerak ikan ukuran besar yang semakin meningkat sejalan dengan perkembangannya. Demikian pula halnya makanan dari kelompok makro-avertebrata benthik (*Helisoma*) yang hanya dikonsumsi oleh ikan berukuran besar. Kesukaan ikan ukuran besar terhadap mangsa ini diduga berkaitan dengan kebutuhan nutrisi dan kemampuan saluran pencernaan ikan ukuran besar dalam mencerna makanan dari genus ini. *Helisoma* merupakan ordo Basommatophora yaitu kelompok siput yang memiliki rongga mantel dari kalsium (Kunigelis & Saleuddin 1986).

Meningkatnya ukuran ikan menyebabkan jumlah variasi makanan yang dikonsumsi semakin beragam. Hal ini menunjukkan bahwa dengan meningkatnya ukuran maka relung makanan ikan kuniran semakin besar dan diduga terkait dengan kebutuhan nutrisi dan kemampuan bergerak ikan yang semakin meningkat sejalan dengan perkembangan ikan (Nyegaard *et al.* 2004, Garcia & Geraldi 2005). Peralihan makanan ontogenetik tidak hanya terjadi pada ikan kuniran, namun juga terlihat pada beberapa jenis ikan lainnya seperti ikan *Citharichthys spilopterus* (Rivera *et al.* 2000), *Serrasalmus brandtii* (Olivera *et al.* 2004), dan *Nemipterus hexodon* (Asriyana & Syafei 2012).

Perubahan jenis organisme makanan kuniran tidak hanya terlihat berdasarkan ukuran, tetapi juga terlihat berdasarkan waktu pengamatan (uji Kruskal-Wallis pada taraf kepercayaan 95%, [$P < 0,05$; $\alpha = 5\%$, $db = n-2$]) (Tabel 5). Genera *Thalassiothrix*, *Leptocylindrus*, dan *Calanus* merupakan tiga genera yang sering ditemukan selama penelitian dengan frekuensi kehadiran sekitar 71–100%. Sementara keberadaan jenis makanan lainnya selama waktu pengamatan hanya berkisar 14–57%. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga ge-

nera tersebut mempunyai peranan penting sebagai makanan utama ikan kuniran. Kondisi tersebut berhubungan dengan ketersediaan genera *Thalassiothrix*, *Leptocylindrus* (kelas Bacillariophyceae) dan *Calanus* (kelas Crustacea) yang cukup melimpah di perairan Teluk Kendari. Makanan suatu jenis ikan selain dipengaruhi oleh habitat hidup ikan juga dipengaruhi oleh musim yang berkaitan dengan ketersediaan makanan di perairan (Popova 1978, Asriyana *et al.* 2004).

Strategi pola makan

Strategi pola makan berkaitan dengan kebiasaan makan yang salah satunya adalah mengenai bagaimana makanan tersebut diperoleh oleh suatu jenis ikan. Metode grafis Amundsen *et al.* (1996) menunjukkan bahwa ikan kuniran mengembangkan strategi pola makan campuran antara spesialis dan generalis dalam memperoleh mangsa di perairan. Strategi pola makan campuran tersebut dikembangkan oleh ikan berukuran kecil dan sedang, sementara ikan berukuran besar hanya mengembangkan strategi pola makan generalis. Keterbatasan dalam ruang gerak dan kemampuan organ pencernaan dalam mencerna makanan diduga merupakan penyebab diterapkannya strategi pola makan spesialis saat ikan berukuran kecil dan sedang. *Thalassiothrix* merupakan satu-satunya genus dari famili Bacillariophyceae yang dimangsa oleh ikan saat berukuran kecil dengan strategi pola makan spesialis. Strategi pola makan spesialis dikembangkan oleh ikan dalam mencari makanan apabila kelimpahan makanan tersebut tinggi di perairan. Sebaliknya, saat kelimpahan makanan tersebut rendah, ikan akan mengembangkan strategi pola makan generalis. Kelimpahan mangsa dan karakteristik mangsa/bentuk tubuh merupakan variabel utama yang menentukan pilihan makanan pada ikan (Scenna *et al.* 2006, Johnson *et al.* 2007,

Sa'nchez-Herna'ndez 2011). Strategi spesialis merupakan strategi yang dikembangkan oleh ikan yang memiliki adaptasi morfologis dan perilaku yang sangat spesifik terhadap makanannya sehingga sangat efisien dalam mencari makan, sebaliknya strategi generalis dikembangkan jika makanan yang lebih disukai tidak tersedia (Steven *et al.* 2006). Pada ikan berukuran sedang, posisi *Thalassiothrix* digantikan oleh genera *Coscinodiscus* dan *Licmophora* yang dimanfaatkan dengan strategi spesialis. Hal ini berkaitan dengan kelimpahan spesifik genera tersebut lebih tinggi ($\geq 50\%$) daripada genus *Thalassiothrix*. Penggunaan dua atau lebih sumber daya makanan diduga merupakan salah satu strategi yang dikembangkan untuk menghindari terjadinya persaingan. Sementara ikan berukuran besar mengembangkan strategi generalis yang berkaitan dengan kelimpahan spesifik makanan yang rendah ($\leq 50\%$).

Secara umum, ikan kuniran mengembangkan strategi generalis pada semua bulan pengamatan, kecuali bulan Juli, Agustus, dan Oktober. Saat tersebut, kuniran juga mengembangkan strategi spesialis untuk satu jenis mangsa yaitu genus *Thalassiothrix*. Kondisi ini berkaitan dengan kelimpahan spesifik mangsa relatif rendah ($\leq 50\%$), kecuali genus *Thalassiothrix* yang $\geq 50\%$. Ketika pemangsa memanfaatkan mangsa yang berlimpah, luas relung makanan pemangsa tersebut menjadi sempit dan bersifat spesialis terhadap mangsa tersebut. Persediaan organisme makanan tinggi di perairan akan menjadi faktor yang mengakibatkan luas relung makanan menjadi rendah (Hajisamaea *et al.* 2003, Irawati & Asriyana 2007).

Walaupun kisaran nilai luas relung ikan kuniran berdasarkan kelompok ukuran relatif kecil ($B_i = 0,15-0,28$), namun ikan kuniran umumnya mengembangkan strategi generalis untuk

semua jenis mangsa kecuali mangsa dari genus *Thalassiothrix*. Luas relung makanan menggambarkan besaran sumber daya yang mampu dimanfaatkan oleh kelompok ikan. Variasi makanan yang besar tidak menjamin akan memberikan kisaran luas relung yang besar, karena nilai luas relung juga dipengaruhi oleh seberapa besar ikan tersebut dapat memanfaatkan sumber daya yang tersedia. Apabila proporsi sumber daya makanan yang dimanfaatkan tidak sama untuk setiap jenis mangsa, maka luas relung akan memberikan suatu kisaran yang relatif sempit (Giller 1984). Hal ini menunjukkan bahwa ikan kuniran memanfaatkan mangsa dengan proporsi yang tidak sama untuk setiap jenis mangsa sehingga nilai luas relungnya berada pada kisaran yang lebih sempit. Suatu organisme dikatakan memiliki luas relung yang besar (generalis) jika ia memanfaatkan seluruh sumber daya pakan yang tersedia secara merata sedangkan jika memanfaatkan hanya beberapa sumber daya makanan yang ada, ia bersifat spesialis (Colwell & Futuyama 1971).

Strategi pola makan campuran antara generalis dan spesialis juga ditemukan pada ikan *Synodus foetens* di Teluk Mexico (Cruz-Escalona *et al.* 2005), *Syngnathus folletti* di Laguna Patos, Brazil (Garcia *et al.* 2005), ikan goby *Aphia minuta* di Laut Adriatic (La Mesa *et al.* 2008) dan ikan demersal Elasmobranchii di Laut Balearic (Valls *et al.* 2011). Sebaliknya ikan pari, *Bathyrāja macloviana* (Scenna *et al.* 2006) hanya mengembangkan strategi pola makan spesialis dalam mengambil mangsanya di perairan.

Simpulan

Komposisi makanan ikan kuniran yang terdiri atas fitoplankton, zooplankton, makro-vertebrata benthik, dan detritus. Fitoplankton genus *Thalassiothrix* merupakan makanan dominan pada ikan kuniran. Komposisi makanan menga-

lami perubahan signifikan sejalan dengan bertambahnya ukuran tubuh dan waktu. Dalam memanfaatkan makanan di perairan Teluk Kendari, kuniran mengembangkan strategi pola makan campuran antara generalis dan spesialis. Strategi pola makan generalis dikembangkan untuk memperoleh semua jenis mangsa, kecuali mangsa *Thalassiothrix* diperoleh dengan strategi pola makan spesialis.

Persantunan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas bantuan dana penelitian dalam skim hibah bersaing Tahun 2015 dan 2016. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada nelayan Teluk Kendari atas bantuannya dalam pengumpulan data di lapangan; Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Halu Oleo atas seluruh dukungan fasilitas dalam penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Amundsen PA, Gabler HM, Staldvik FJ. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data - modification of the Costello (1990) method. *Journal of Fish Biology*, 48(4): 607–614.
- Arslan M, Ismen A. 2013. Age, growth and reproduction of *Mullus surmuletus* (Linnaeus, 1758) in Saros Bay (Northern Aegean Sea). *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 19(2): 217–233.
- Asriyana, Sulistiono, Rahardjo MF. 2004. Studi kebiasaan makanan ikan tembang (Fam. Clupeidae) di perairan Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 4(1): 43-50.
- Asriyana, Rahardjo MF, Sukimin S, Lumban Batu DTF, Kartamihardja ES. 2009. Keanekaragaman ikan di perairan Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 9(2): 97-112.

- Asriyana, Rahardjo MF, Lumban Batu DTF, Kartamihardja ES. 2010. Makanan ikan japuh, *Dussumieria acuta* Val. 1847 (Family Clupeidae) di perairan Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 10(1): 93–99.
- Asriyana. 2011. Interaksi trofik komunitas ikan sebagai dasar pengelolaan sumber daya ikan di perairan Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara. *Disertasi*. Sekolah Pasacasaryana, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 106p.
- Asriyana, Syafei LS. 2012. Perubahan ontogenetik makanan ikan kurisi, *Nemipterus hexodon* (Family Nemipteridae) di perairan Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 12(1): 49–57.
- Asriyana, Irawati N. 2017. Pertumbuhan dan faktor kondisi ikan kuniran, *Upeneus sulphureus* di perairan Teluk Kendari. *Jurnal Aquasains*, 6(1): 527–534.
- Baker R, Sheaves M. 2005. Redefining the piscivore assemblage of shallow estuarine nursery habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 291(1):197–213.
- Beck MW, Heck KL, Able KW. 2001. The Identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates: A better understanding of the habitats that serve as nurseries for marine species and the factors that create site-specific variability in nursery quality will improve conservation and management of these areas. *Bioscience*, 51(8): 633–641.
- Blaber SJM, Blaber TG. 1980. Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish. *Journal of Fish Biology*, 17(2): 143–162.
- Boraey FA, Soliman FM. 1987. Length-weight relationship, relative condition, and food and feeding habits of the goatfish *Upeneus sulphureus* Cuv. & Val. in Safaga Bay of the Red Sea. *Journal of the Inland Fisheries Society of India*, 19(2): 47–52.
- Burhanuddin, Martosewojo S, Djamali A, Moeljanto R. 1984. Perikanan demersal di Indonesia. Lembaga Oseanologi Nasional LIPI. Jakarta. 63p.
- Celik O, Torcu H. 2000. Investigations on the biology of red mullet (*Mullus barbatus* L., 1758) in Edremit Bay, Aegean Sea, Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal*, 24 (3): 287–295.
- Chérif M, Ben Amor MM, Selmi S, Gharbi H, Missaoui H, Capapé C. 2011. Food and feeding habits of the red mullet, *Mullus barbatus* (Actinopterygii: Perciformes: Mullidae), off the northern Tunisian coast (central Mediterranean). *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 41(2): 109–116.
- Colwell RK, Futuyama DJ. 1971. On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology*, 52(4): 567–579.
- Crowder LB, Cooper WE. 1982. Habitat structural complexity and the interaction between bluegills and their prey. *Ecology*, 63(6): 1802–1813.
- Cruz-Escalona V. H., Peterson M. S., Campos-Davila L., Zetina-Rejon M., 2005 Feeding habits and trophic morphology of inshore lizardfish (*Synodus foetens*) on the central continental shelf off Veracruz, Gulf of Mexico. *Journal of Applied Ichthyology* 21(6): 525–530.
- Cunha ME, Garrido S, Pissarra J. 2005. The use of stomach fullness and colour indices to assess *Sardina pilchardus* feeding. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85(2): 425–431.
- Diandria D, Ernawati T. 2011. Beberapa aspek biologi ikan kuniran (*Upeneus sulphureus*) di perairan Tegal dan sekitarnya. *Bawal*, 3(4): 261–267.
- Edworthy C, Strydom N. 2016. Habitat partitioning by juvenile fishes in a temperate estuarine nursery, South Africa. *Scientia Marina*, 80(2): 151–161.
- Effendie MI. 1979. *Metoda Biologi Perikanan*. Yayasan Dewi Sri. Bogor. 112 p.
- Elliott M, Hemingway K (editors). 2002. *Fishes in Estuaries*. Blackwell Science Ltd. London. 636 p.
- Garcia AM, Geraldi RM. 2005. Diet composition and feeding strategy of the southern pipefish *Syngnathus folletti* in a Widgeon Grass Bed of the Patos Lagoon Estuary, RS, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 3(3): 427–432.
- Giller PS. 1984. Community structure and the niche. Chapman and Hall. London. 176 p.
- Gosner KL. 1971. *Guide to Identification of Marine and Estuarine Invertebrates*. John Wiley and Sons. New York. 693p.

- Green BC, Smith DJ, Earley SE, Hepburn LJ, Underwood GJC. 2009. Seasonal changes in community composition and trophic structure of fish populations of five salt marshes along the Essex coastline, United Kingdom. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 85(2): 241–246.
- Hajisamaea S, Choua LM, Ibrahim S. 2003. Feeding habits and trophic organization of the fish community in shallow waters of an impacted tropical habitat. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58(1): 89–98.
- Higgins RP, Thiel H (editors). 1988. Introduction to the Study of Meiofauna. Smithsonian Institution Press. Washington. 464p.
- Hinz H, Kroncke I, Ehrich S. 2005. The Feeding Strategy of Dab *Limanda limanda* in the Southern North Sea: Linking Stomach Contents to Prey Availability in the Environment. *Journal of Fish Biology*, 67(Supplement sB): 125–145.
- Irawati N, Asriyana. 2007. Abundance of phytoplankton in Kendari Bay, Southeast Sulawesi. *Aplikasi Sains*, 10(1): 25–29.
- Jaureguizar AJ, Milessi AC. 2008. Assessing the sources of the fishing down marine food web process in the Argentinean-Uruguayan common fishing zone. *Scientia Marina*, 72(1): 25–36.
- Jin B, Fu C, Zhong J. 2007. Fish utilization of a salt marsh intertidal creek in the Yangtze River estuary, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(3–4): 844–852.
- Johnson RL, Coghlan SM, Harmon T. 2007. Spatial and temporal variation in prey selection of brown trout in a cold Arkansas tailwater. *Ecology of Freshwater Fish*, 16(3): 373–384.
- Karakassis I, Pitta P, Krom MD. 2005. Contribution of fish farming to the nutrient loading of the Mediterranean. *Scientia Marina*, 69(2): 313–321.
- Kherraz A, Kherraz A, Benghali S, Mouffok S, Boutiba Z. 2014. Age and growth of *Mullus surmuletus* (L.) in Mostaganem coast, Northwest Algeria. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 5(2): 37–43.
- Krebs CJ. 1989. *Ecological Methodology*. Harper & Row Publishers, Inc. New York. 654 p.
- Kunigelis SC, Saleuddin ASM. 1986. Reproduction in the freshwater gastropod *Helisoma*: involvement of prostaglandin in egg production. *International Journal of Invertebrate Reproduction and Development* 10(2): 159–167.
- La Mesa M, Borme D, Tirelli V, Di Poi E, Legovini S, Umani SF. 2008. Feeding ecology of the transparent goby *Aphia minuta* (Pisces: Gobiidae) in the northwestern Adriatic Sea. *Scientia Marina*, 72(1): 99–108.
- Labropoulou M, Papadopoulou-Smith K-N. 1999. Foraging behaviour patterns of four sympatric demersal fishes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 49(Supplement 1): 99–108.
- Lagler KF, Bardach JE, Miller RR. 1962. *Ichthyology*. John Wiley, New York. 545p.
- Lannan JE, Smitherman RO, Tchobanoglous G. 1983. *Principles and Practices of Pond Culture: A State of the Art Review*. Pond Dynamic/Aquaculture CRSP. Program Management Office Oregon State University, Marine Science Center: Oregon. p45–50.
- Lavens P, Sorgelos P. 1996. Manual on the production and use of live food for aquaculture. *FAO Fisheries Technical Paper*, No. 301, 295 pp.
- Metin G. 2005. Reproduction characteristics of red mullet (*Mullus barbatus* L., 1758) in Izmir Bay (in Turkish). *Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(1-2): 225–228.
- Nanjo K, Kohno H, Nakamura Y. 2014. Differences in fish assemblage structure between vegetated and unvegetated microhabitats in relation to food abundance patterns in a mangrove creek. *Fisheries Science*, 80(1): 21–41.
- Natarajan AV, Jhingran AD. 1961. Index of preponderance-a method of grading the food elements in the stomach analysis of fishes. *Indian Journal of Fisheries*, 8(1): 54–59.
- Novakowski GC, Hahn NS, Fugi R. 2008. Diet seasonality and food overlap of the fish assemblage in a pantanal pond. *Neotropical Ichthyology*, 6(4):567–576.
- Nugraha MFI, Hismayasari IB. 2011. Copepoda: sumbu kelangsungan biota akuatik dan kontribusinya untuk akuakultur. *Media Akuakultur*, 6(1): 13–20.
- Nyegaard M, Arkhipkin A, Brickle P. 2004. Variation in the diet of *Genypterus blacodes*

- (Ophidiidae) around the Falkland Islands. *Journal of Fish Biology*, 65(3): 666–682.
- Olivera AK, Alvim MCC, Peret AC, Alves CBM. 2004. Diet shifts related to body size of the pirembeba *Serrasalmus brandtli* Lutken, 1875 (Osteichthyes, Serrasalminae) in the Cajuru Reservoir, Sao Francisco River Basin, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 64 (1): 117–124.
- Orpin AR, Peter VR, Thomas SE, Anthony KRN, Marshall P, Oliver J. 2004. Natural turbidity variability and weather forecasts in risk management of anthropogenic sediment discharge near sensitive environments. *Marine Pollution Bulletin*, 49(7-8): 602–612.
- Popova OA. 1978. The role of predaceous fish in ecosystem. In Gerking SD (editor). *Ecology of freshwater fish production*. Blackwell Scientific Publication. Oxford. p 215–249.
- Rahardjo MF, Brojo M, Simanjuntak CPH, Zahid A. 2006. Komposisi makanan ikan selangget, *Anodontostoma chacundata* HB 1822 (Pisces: Clupeidae) di Perairan Pantai Mayangan, Jawa Barat. *Jurnal Perikanan*, 8(2): 159–166.
- Rivera MC, Kobelkowsky A, Chavez AM. 2000. Feeding biology of the flatfish *Citharichthys spilopterus* (Bothidae) in tropical estuary of Mexico. *Journal of Applied Ichthyology*, 16(2): 73–78.
- Sa'nchez-Herna'ndez J, Vieira-Lanero R, Servia MJ, Cobo F. 2011. Feeding habits of four sympatric fish species in the Iberian Peninsula: keys to understanding coexistence using prey traits. *Hydrobiologia*, 667(1): 119–132.
- Santoso S. 2003. *SPSS Versi 10: Mengolah Data Statistik Secara Profesional*. Elex Media Komputindo. Jakarta. p 305–428.
- Scenna LB, Garc'ia de la Rosa SB, Di'az de Astarloo JM. 2006. Trophic ecology of the Patagonian skate, *Bathyraja macloviana*, on the Argentine continental shelf. *ICES Journal of Marine Science*, 63(1): 867–874.
- Sjafei DS, Susilawati R. 2001. Beberapa aspek biologi ikan biji nangka (*Upeneus moluccensis* Blkr.) di perairan Teluk Labuan, Banten. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 1(1): 35–39.
- Sokal RR, Rohlf FJ. 1995. *Biometry*. W.H. Freeman and Company. New York. 887p.
- Stevens M, Maes J, Ollevier F. 2006. Taking pot-luck: trophic guild structure and feeding strategy of an intertidal fish assemblage. In: Stevens M. (ed.), *Intertidal and Basin-Wide Habitat Use of Fishes in the Scheldt Estuary*. Faculteit Wetenschappen, Geel Huis, Kasteelpark Arenberg 11, 3001 Heverlee (Leuven). pp 37–59.
- Sumiono B, Nuraini S. 2007. Beberapa parameter biologi ikan kuniran (*Upeneus sulphureus*) hasil tangkapan cantrang yang didaratkan di Brondong Jawa Timur. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 7(2): 83–88.
- Tomas CR (editor). 1997. *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press: The United States of America. 858 p.
- Valls M, Quetglas A, Ordines F, Moranta J. 2011. Feeding ecology of demersal elasmobranchs from the shelf and slope off the Balearic Sea (western Mediterranean). *Scientia Marina*, 75(4):633–639.
- Van der Lingen CD. 1998. Gastric evacuation, feeding periodicity and daily ration of sardine *Sardinops sagax* in the southern Benguela upwelling ecosystem. *South African Journal of Marine Science*, 19(1): 305–316.
- Wang M, Huang Z Shi F, Wang W. 2009. Are vegetated areas mangroves attractive to juvenile and small fish? The case of Dongzhaigang Bay, Hainan Island, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 85(2): 208–216.
- Yamaji EE. 1979. *Illustration of the Marine Plankton of Japan*. Hoikusha Publishing: Japan. 536p.

**Komposisi dan luas relung makanan ikan belanak
Chelon subviridis (Valenciennes, 1836) dan *Moolgarda engeli* (Bleeker, 1858)
di Teluk Pabean, Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat**

[Diet composition and niche breadth of mullet *Chelon subviridis* (Valenciennes, 1836) and *Moolgarda engeli* (Bleeker, 1858) in Pabean Bay, Indramayu Subdistrict, West Java Province]

Gusti Abi Dzar Al Ghiffary¹, M. Fadjar Rahardjo^{2,3}, Ahmad Zahid⁴, Charles P.H. Simanjuntak², Aries Asriansyah², Reiza Maulana Aditriawan³

¹ Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, MSP FPIK IPB

² Departemen Manajemen Sumber Daya Perairan, FPIK IPB
Jln. Agatis, Kampus IPB Dramaga 16680

³ Masyarakat Iktiologi Indonesia (MII)

⁴ Politeknik Kelautan dan Perikanan Jemberana

Diterima: 2 Oktober 2017; Disetujui: 20 Februari 2018

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis dan komposisi serta luas dan tumpang tindih relung makanan ikan belanak di Teluk Pabean. Pengambilan contoh ikan dilakukan pada Juli hingga Desember 2016 dengan menggunakan alat tangkap sero dan jaring insang. Analisis data meliputi indeks bagian terbesar serta luas dan tumpang tindih relung makanan. Dua jenis ikan belanak, *Chelon subviridis* dan *Moolgarda engeli*, merupakan spesies yang banyak ditemukan di Teluk Pabean. Ukuran panjang tubuh *C. subviridis* yang diamati berkisar 73,34-185,72 mm dengan bobot 8,23-115,50 g dan panjang tubuh *M. engeli* berkisar 67,51-160,00 mm dengan bobot 6,91-96,70 g. Menu makanan ikan belanak terdiri atas tiga kelompok besar, yaitu perifiton, larva organisme, dan detritus. Perifiton dari kelas Bacillariophyceae menjadi kelompok makanan yang banyak dimanfaatkan, khususnya *Pleurosigma* (35,81) oleh *C. subviridis* dan *Nitzschia* (27,89) oleh *M. engeli*. Perubahan komposisi jenis makanan terjadi pada setiap kelompok ukuran ikan. *C. subviridis* dan *M. engeli* memiliki relung makanan yang luas dengan nilai luas relung berturut-turut 5,995 dan 5,780. Luas relung makanan pada setiap kelompok ukuran ikan berbeda. Informasi mengenai luas relung makanan dapat menunjukkan adaptasi ikan belanak terhadap ketersediaan makanan di perairan.

Kata penting: belanak, komposisi makanan, luas relung, perifiton

Abstract

The aims of this research was to identify the diet and composition item as well as niche breadth and niche overlap of mullet in Pabean Bay. Fish sampling was carried out from July to December 2016 using trap nets and gill nets. Data analysis including preponderance index, niche breadth, and niche overlap. *Chelon subviridis* and *Moolgarda engeli* are two species of mullet that much found in Pabean Bay. The size of body length *C. subviridis* observed on ranged of 73,34-185,72 mm with a weight of 8,23-115,50 g and *M. engeli* ranged of 67,51-160,00 mm with a weight of 6,91-96,70 g. Food menu of mullet consists of three groups, namely perifiton, larvae of marine organism, and detritus. Perifiton from Bacillariophyceae was a main diet, particularly *Pleurosigma* (35,81) in *C. subviridis* and *Nitzschia* (27,89) in *M. engeli*. Changed in composition of each item of diet occurred on any length size group during the observation. *C. subviridis* and *M. engeli* have a wide niche breadth with the value were 5,995 and 5,780. Niche breadth of each length group was different. Information on niche breadth indicated the adaptation of mullet to against the availability of diet in the water.

Key words: Diet composition, mullet, niche breadth, perifiton

Pendahuluan

Teluk Pabean terletak di wilayah pesisir Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat. Teluk ini memiliki potensi perikanan laut yang cukup besar. Kondisi teluk yang dikelilingi oleh

vegetasi mangrove di sekitarnya, secara tidak langsung memberikan asupan energi berupa makanan alami bagi ikan penghuni perairan tersebut. Tidak hanya makanan, secara ekologis area vegetasi mangrove juga berperan sebagai tempat pemijahan dan pembesaran ikan, udang, kepiting, kerang, dan spesies lainnya (Zamroni &

✉ Penulis korespondensi

Alamat surel: gustighiffary@gmail.com

Rohyani 2008), yang satu diantaranya adalah ikan belanak.

Ikan belanak merupakan jenis ikan yang hidupnya bergerombol. Secara umum bentuk tubuhnya pipih sedikit memanjang. Ikan ini memiliki keunikan pada organ dan saluran pencernaannya, salah satunya terlihat pada bibir bagian atas lebih tebal daripada bagian bawah (Cardona 2016). Berbagai jenis belanak dideskripsikan sebagai pemakan detritus (Cardona 2016), karena makanannya berupa bahan organik yang dihasilkan oleh sedimen dasar perairan. Ikan belanak juga bisa memanfaatkan organisme dasar, makroalgae, plankton, dan bahan organik lainnya seperti atau bahan organik partikel halus (*fine particulate organic matter*) dan bahan organik partikel kasar (*coarse particulate organic matter*) (Isangedighi *et al.* 2009).

Sentosa & Satria (2011) menyatakan bahwa ketersediaan makanan akan menentukan keberadaan populasi ikan di suatu perairan. Ketersediaan makanan dan ikan belanak yang berlimpah di Teluk Pabean dapat dijadikan dasar kajian terkait relung ekologi di perairan tersebut. Pengelolaan sumber daya perairan yang optimal juga memerlukan pemahaman terkait potensi dan karakteristik perairan tersebut, yaitu ketersediaan makanan alami serta sumber daya ikan yang dapat memanfaatkan makanan tersebut (Rachman *et al.* 2012).

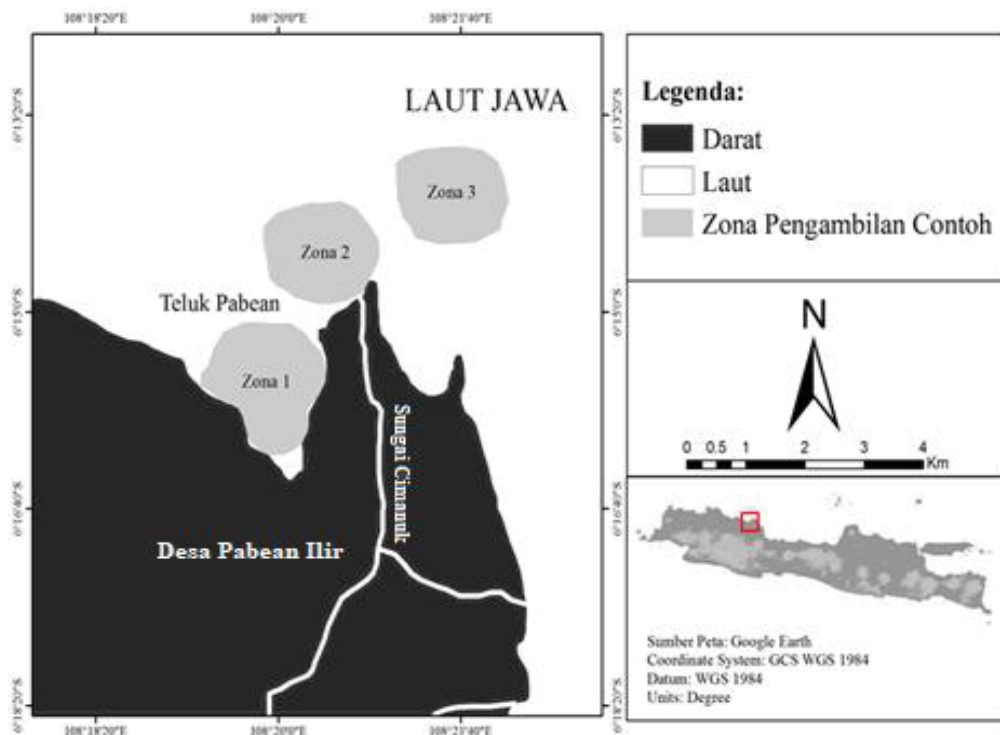
Kajian mengenai makanan ikan belanak di Teluk Pabean belum pernah dilakukan. Kajian ini sudah pernah dilakukan di beberapa tempat, yaitu di danau pesisir Ghana (Blay 1995), estuari Delta Nigeria (Isangedighi *et al.* 2009), dan estuari Merbok, Kedah, Malaysia (Fatema *et al.* 2015a;

2015b). Kajian mengenai makanan ikan belanak di Teluk Pabean perlu dilakukan karena makanan merupakan faktor yang menentukan kelangsungan hidup ikan seperti pertumbuhan dan reproduksi. Informasi mengenai makanan sangat dibutuhkan terutama di Teluk Pabean yang memiliki sumber daya ikan dan makanan yang melimpah. Sementara itu, kajian mengenai interaksi makanan ikan belanak pada kedua spesies berbeda sudah pernah dilakukan yaitu pada *Valamugil buechanani* dengan *Liza vaigiensis* di estuari Sri Lanka (Wijeyaratne & Costa 1990).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis dan komposisi makanan serta menganalisis luas dan tumpang tindih relung makanan ikan belanak di Teluk Pabean. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi berupa pemahaman dasar untuk mengelola perikanan di Teluk Pabean, sehingga dapat terbentuk sistem pengelolaan sumber daya perikanan yang lestari di Teluk Pabean, Jawa Barat.

Bahan dan metode

Penelitian dilaksanakan di Teluk Pabean, Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat dengan waktu pengambilan contoh ikan berlangsung pada Juli hingga Desember 2016. Lokasi pengambilan contoh ikan dibagi menjadi tiga zona (Gambar 1) berdasarkan perbedaan karakteristik perairannya. Zona 1 adalah zona yang berdekatan dengan tempat pemasangan alat tangkap sero, tambak ikan, dan tiram serta vegetasi mangrove. Zona 2 adalah zona yang berdekatan dengan muara Sungai Cimanuk dan vegetasi mangrove. Zona 3 adalah zona yang berhadapan dengan laut lepas.



Gambar 1 Lokasi pengambilan contoh ikan di Teluk Pabean

Pengambilan contoh ikan menggunakan alat tangkap sero dengan tinggi 1 m, lebar 3 m, panjang penaju 100 m, dan mata jaring 0,04 inci serta jaring insang dengan panjang 100 m, tinggi 1 m, dan mata jaring 1,5-1,75 inci. Alat tangkap sero dan jaring insang digunakan pada Zona 1 dan 2, sedangkan pada Zona 3 hanya jaring insang.

Sero digunakan pada Zona 1 dan 2 karena kondisi perairan yang relatif dangkal serta prinsip kerja sero yang dipengaruhi oleh pasang surut. Sero dioperasikan sejak sore hari dan diangkat pagi hari.

Jaring insang digunakan pada Zona 1, 2, dan 3 karena alat tangkap ini merupakan alat tangkap sederhana yang banyak digunakan untuk menangkap ikan. Jaring ini termasuk tipe jaring yang relatif transparan di dalam air, sehingga sulit terlihat oleh ikan. Jaring insang dioperasikan selama 1 jam, kemudian diangkat.

Ikan yang tertangkap dimasukkan ke dalam kantung plastik, kemudian kantung tersebut diberi tanda dengan label sesuai dengan zona pengambilan contoh dan ditambahkan formalin 10% sebagai bahan pengawet. Ikan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.

Analisis contoh ikan dilakukan di Laboratorium Biologi Makro, Divisi Ekobiologi dan Konservasi Sumber Daya Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Panjang baku diukur dengan penggaris, lebar bukaan mulut dan tinggi kepala diukur dengan jangka sorong, serta bobot total ditimbang dengan timbangan digital. Selanjutnya contoh ikan dibedah menggunakan alat bedah tanpa merusak saluran pencernaannya.

Organ pencernaan (tembolok dan usus) dikeluarkan dari rongga tubuh. Masing-masing organ tersebut dipisahkan. Gonad ikan diamati

untuk menentukan jenis kelaminnya. Tembolok dan usus ikan diamati untuk menganalisis perbedaan jenis makanan yang terdapat di dalamnya. Jumlah pilorik kaeka dihitung, dan usus diukur panjangnya dengan menggunakan penggaris. Tembolok dan usus ikan diawetkan dalam larutan formalin 4%.

Pengamatan isi saluran pencernaan dilakukan dengan cara membedah tembolok serta usus ikan yang sudah diawetkan dan semua isinya dikeluarkan. Seluruh isi saluran pencernaan diamati menggunakan mikroskop monokuler dengan pembesaran 10×10 kali. Organisme jenis makanan yang terdapat dalam tembolok dan usus diidentifikasi hingga takson terendah yang memungkinkan dengan menggunakan buku identifikasi Davis (1955) dan Yamaji (1979).

Analisis data untuk menentukan jenis dan komposisi makanan menggunakan indeks bagian terbesar (Natarajan & Jhingran 1961), yaitu :

$$I_i = \frac{V_i \times O_i}{\sum_i (V_i \times O_i)} \times 100$$

Keterangan: I_i = indeks bagian terbesar, V_i = persentase volume makanan jenis ke-I, O_i = persentase frekuensi kejadian makanan jenis ke-I, n = jumlah total organisme makanan ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

Luas relung makanan menggambarkan sejumlah sumber daya makanan yang dimanfaatkan oleh suatu organisme. Analisis luas relung makanan menggunakan rumus indeks Levins (Krebs 1989), yaitu :

$$B = \frac{1}{\sum P_j^2}$$

Keterangan: B = luas relung makanan Levins, P_j = proporsi makanan ke-j yang ditemukan atau dimanfaatkan oleh ikan

$$P_j = N_j / Y \quad (\sum P_j = 1, 0)$$

Keterangan: N_j = jumlah individu pada makanan ke-j, Y = jumlah total makanan ($\sum N_j$)

Pembakuan nilai luas relung makanan bernilai 0-1 dengan menggunakan rumus perhitungan Hulbert (1978) in Krebs (1989) :

$$B_A = \frac{B - 1}{n - 1}$$

Keterangan: B_A = pembakuan luas relung makanan Levins (0-1), B = luas relung makanan Levins, n = jumlah organisme makanan yang dimanfaatkan

Tumpang tindih relung makanan dapat menunjukkan interaksi antarspesies ikan dengan melihat kesamaan dalam memanfaatkan sumber daya makanan. Analisis tumpang tindih relung makanan menggunakan index Morisita yang telah disederhanakan oleh Horn (Krebs 1989) yaitu :

$$C_H = \frac{2 \sum_i^n (P_{ij} \times P_{ik})}{\sum_i^n P_{ij}^2 + \sum_i^n P_{ik}^2}$$

Keterangan: C_H = tumpang tindih relung makanan, P_{ij} dan P_{ik} = proporsi jenis organisme makanan ke-i yang dimanfaatkan dua kelompok ikan ke-j dan ke-k, n = jumlah total organisme makanan ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

Hasil

Sebaran ukuran ikan

Ikan contoh yang tertangkap berjumlah 161 ekor yang terdiri atas 127 ekor *C. subviridis* dan 34 ekor *M. engeli*. Kisaran panjang baku ikan *C. subviridis* yang tertangkap adalah 73,34-185,72 mm dengan bobot 8,23-115,50 g dan *M. engeli* adalah 67,51-160,00 mm dengan bobot 6,91-96,70 g. Kisaran panjang tersebut terbagi menjadi tiga kelompok ukuran panjang baku, yaitu kecil (<100 mm), sedang (100-150 mm), dan besar (>150 mm). Ikan belanak yang tertangkap umumnya terdapat pada kelompok ukuran panjang ikan sedang. Kelompok ukuran ikan contoh disajikan pada Tabel 1.

Komposisi makanan ikan belanak

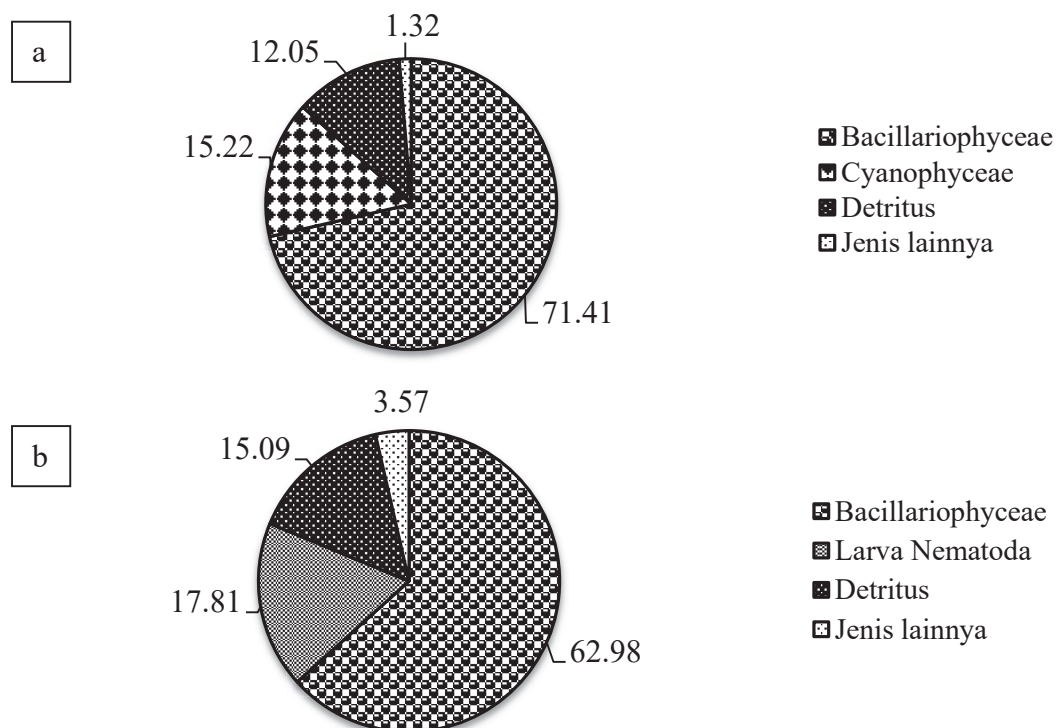
Makanan yang ditemukan pada *C. subviridis* dan *M. engeli* terdiri atas tiga kelompok, yaitu perifiton, larva organisme, dan detritus. Kelompok perifiton Bacillariophyceae, Cyano-

phyceae, dan Dinophyceae, serta larva Nematoda, larva Crustacea, larva Ciliata, larva Gastropoda, larva Tentaculata, dan larva Polychaeta ditemukan pada *C. subviridis*. Bacillariophyceae, Cyanophyceae, dan detritus adalah tiga jenis makanan yang memiliki indeks bagian terbesar (IBT) tertinggi pada *C. subviridis* (Gambar 2a). *Pleurosigma* merupakan perifiton yang memiliki nilai IBT tertinggi pada *C. subviridis* (Tabel 2).

Pada *M. engeli* hanya ditemukan kelompok perifiton Bacillariophyceae dan Cyanophyceae, serta larva Nematoda, larva Crustacea, dan larva Ciliata. Tiga jenis makanan yang memiliki IBT tertinggi pada *M. engeli* yaitu Bacillariophyceae, larva Nematoda, dan detritus (Gambar 2b). *Nitzschia* merupakan perifiton yang memiliki nilai IBT tertinggi pada *M. engeli* (Tabel 2).

Tabel 1 Kelompok ukuran panjang ikan belanak di perairan Teluk Pabean pada bulan Juli-Desember 2016

Jenis ikan	Kelompok ukuran panjang ikan	Frekuensi (ekor)
<i>C. subviridis</i>	Kecil	8
	Sedang	102
	Besar	17
<i>M. engeli</i>	Kecil	6
	Sedang	26
	Besar	2



Gambar 2 Kelompok makanan *C. subviridis* (a) dan *M. engeli* (b) di Teluk Pabean berdasarkan indeks bagian terbesar

Tabel 2 Indeks bagian terbesar jenis makanan ikan belanak di Teluk Pabean

Jenis organisme makanan	<i>C. subviridis</i>	<i>M. engeli</i>
Bacillariophyceae		
<i>Amphora</i>	0,785	0,856
<i>Asterolampra</i>	0,015	
<i>Chaetoceros</i>	0,026	
<i>Cocconeis</i>	0,080	0,031
<i>Coscinodiscus</i>	12,045	10,621
<i>Gammatophora</i>	1,194	0,382
<i>Diatoma</i>	0,025	
<i>Gyrosigma</i>	0,428	0,116
<i>Hemiaulus</i>	0,025	
<i>Licmophora</i>	2,537	2,273
<i>Navicula</i>	0,308	0,338
<i>Nitzschia</i>	18,054	27,895
<i>Pleurosigma</i>	35,809	20,407
<i>Rhabdonema</i>	0,037	0,051
<i>Rhizosolenia</i>	0,018	
<i>Thalassiothrix</i>	0,008	
<i>Triceratium</i>	0,012	0,007
Larva Ciliata		
<i>Helicostomella</i>	0,103	0,046
<i>Parafavella</i>	0,015	0,080
Larva Crustacea		
<i>Calanus</i>	0,127	0,074
<i>Nauplius</i>	0,209	0,158
<i>Oithona</i>	0,060	0,012
Cyanophyceae		
<i>Merismopedia</i>	15,220	3,169
Dinophyceae		
<i>Dinophysis</i>	0,039	
<i>Peridinium</i>	0,069	
<i>Pyrocystis</i>	0,010	
Larva Polychaeta		
<i>Travisiopsis</i>	0,006	
Larva Tentaculata		
<i>Notholca</i>	0,034	
Larva Gastropoda	0,043	
Larva Nematoda	0,607	17,652
Detritus	12,050	15,833

Makanan ikan belanak setiap bulan cenderung memiliki kesamaan, hanya saja proporsi dan komposisi makanannya yang berbeda. Komposisi makanan yang ditemukan pada *C. subviridis* berjumlah 31 (Tabel 3). *Coscinodiscus*, *Nitzschia*, dan *Pleurosigma*, merupakan jenis perifiton yang ditemukan pada setiap bulan. *Pleurosigma* juga merupakan jenis perifiton yang memiliki

proporsi relatif tinggi dibanding-kan dengan jenis perifiton lainnya. Tidak hanya perifiton, detritus juga memiliki proporsi yang relatif tinggi pada setiap bulan pengamatan. *Thalassiothrix* dan *Asterolampra* merupakan jenis perifiton yang memiliki proporsi terendah dan hanya ditemukan pada bulan Agustus dan Desember.

Tabel 3 Indeks bagian terbesar jenis makanan *C. subviridis* di Teluk Pabean bulan Juli-Desember 2016

Jenis organisme makanan	Indeks Bagian Terbesar					
	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
Bacillariophyceae						
<i>Amphora</i>	1,252	0,035			0,151	0,154
<i>Asterolampra</i>						0,012
<i>Chaetoceros</i>	0,044					
<i>Cocconeis</i>	0,163			0,121		
<i>Coscinodiscus</i>	12,641	5,646	8,867	3,497	13,067	10,843
<i>Gammatophora</i>						27,851
<i>Diatoma</i>	0,124					
<i>Gyrosigma</i>	0,040					3,253
<i>Hemiaulus</i>						0,080
<i>Licmophora</i>			10,786	4,420		
<i>Navicula</i>	0,057	0,007				1,458
<i>Nitzschia</i>	25,119	9,851	19,227	35,007	46,313	14,289
<i>Pleurosigma</i>	56,602	38,588	50,872	50,118	35,047	11,104
<i>Rhabdonema</i>						0,089
<i>Rhizosolenia</i>						0,029
<i>Thalassiothrix</i>		0,012				
<i>Triceratium</i>						0,067
Larva Ciliata						
<i>Helicostomella</i>	0,007	0,004	0,530	0,221		
<i>Parafavella</i>						0,099
Larva Crustacea						
<i>Calanus</i>			0,105	0,029	0,016	0,091
Nauplius	0,018		0,015	0,044	0,016	0,383
<i>Oithona</i>			0,032		0,094	0,065
Cyanophyceae						
<i>Merismopedia</i>	0,355	40,159			0,030	
Dinophyceae						
<i>Dinophysis</i>					0,077	0,005
<i>Peridinium</i>						0,055
<i>Pyrocystis</i>			0,114			
Larva Polychaeta						
<i>Travislopsis</i>					0,038	
Larva Tentaculata						
<i>Notholca</i>						0,055
Larva Gastropoda						0,138
Larva Nematoda						6,345
Detritus	3,577	5,699	9,452	6,543	5,152	23,536

M. engeli memiliki komposisi makanan yang lebih sedikit dibandingkan *C. subviridis*. Makanan yang ditemukan pada *M. engeli* berjumlah 19 (Tabel 4). *Nitzschia*, dan detritus merupakan makanan yang ditemukan pada setiap

bulan. Berbeda dari *C. subviridis*, jenis perifiton yang memiliki proporsi relatif tinggi pada setiap bulan hanya *Nitzschia*. Proporsi makanan terendah dimiliki *Triceratium* dan hanya ditemukan pada bulan Desember.

Tabel 4 Indeks bagian terbesar jenis makanan *M. engeli* di Teluk Pabean pada bulan Juli-Desember 2016

Jenis organisme makanan	Indeks Bagian Terbesar					
	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
Bacillariophyceae						
<i>Amphora</i>	4,334	3,471			1,769	0,073
<i>Cocconeis</i>					0,221	
<i>Coscinodiscus</i>	65,880	8,331		3,548	27,892	1,574
<i>Gammatophora</i>						2,730
<i>Gyrosigma</i>						0,355
<i>Licmophora</i>				31,386		
<i>Navicula</i>						2,413
<i>Nitzschia</i>	26,887	8,516	12,564	41,894	14,747	25,009
<i>Pleurosigma</i>		33,082	11,640	14,830	50,691	3,656
<i>Rhabdonema</i>						0,052
<i>Triceratium</i>						0,007
Larva Ciliata						
<i>Helicostomella</i>			0,740		0,081	
<i>Parafavella</i>						0,656
Larva Crustacea						
<i>Calanus</i>						0,451
<i>Nauplius</i>					0,080	0,554
<i>Oithona</i>						0,038
Cyanophyceae						
<i>Merismopedia</i>		33,324	58,482			
Larva Nematoda			6,873			35,620
Detritus	2,899	13,276	9,700	8,342	4,520	13,952

Perifiton dan detritus tidak hanya dominan pada setiap bulan pengamatan, tetapi juga pada setiap kelompok ukuran ikan. Jenis perifiton yang dominan pada setiap kelompok ukuran ikan *C. subviridis* memiliki perbedaan (Tabel 5). *Amphora*, *Coscinodiscus*, *Gyrosigma*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Pleurosigma*, dan *Merismopedia* merupakan perifiton yang ditemukan pada setiap kelompok ukuran. Tidak hanya perifiton, detritus juga ditemukan pada setiap kelompok ukuran.

C. subviridis pada kelompok ukuran sedang memiliki variasi makanan yang tinggi dibandingkan kelompok ukuran lainnya. *Pleurosigma* merupakan perifiton yang memiliki proporsi relatif tinggi pada setiap kelompok ukuran.

annya, sedangkan *Thalassiothrix*, *Pyrocystis*, dan *Travisopsis* memiliki proporsi terendah dan hanya ditemukan pada kelompok ukuran ikan sedang.

Amphora, *Coscinodiscus*, *Nitzschia*, dan *Pleurosigma* merupakan perifiton yang ditemukan pada setiap kelompok ukuran ikan *M. engeli* (Tabel 6). Detritus juga ditemukan pada setiap kelompok ukuran ikan. Pada kelompok ukuran ikan sedang ditemukan variasi makanan yang tinggi. *Nitzschia* memiliki proporsi yang relatif tinggi pada setiap kelompok ukuran, sedangkan *Triceratium* memiliki proporsi terendah dan hanya ditemukan pada kelompok ukuran ikan sedang.

Tabel 5 Indeks bagian terbesar jenis makanan *C. subviridis* di Teluk Pabean berdasarkan kelompok ukuran panjang baku

Jenis organisme makanan	<i>C. subviridis</i>		
	Kecil	sedang	besar
Bacillariophyceae			
<i>Amphora</i>	3,272	0,123	0,274
<i>Asterolampra</i>		0,002	
<i>Chaetoceros</i>	0,447		
<i>Cocconeis</i>	0,679	0,005	
<i>Coscinodiscus</i>	18,847	11,997	2,584
<i>Gammatophora</i>		4,254	0,120
<i>Diatoma</i>	1,256		
<i>Gyrosigma</i>	0,068	0,550	0,018
<i>Hemiaulus</i>		0,013	
<i>Licmophora</i>		0,339	
<i>Navicula</i>	0,417	0,222	0,045
<i>Nitzschia</i>	27,754	25,274	14,064
<i>Pleurosigma</i>	33,846	44,319	33,271
<i>Rhabdonema</i>	0,208	0,007	
<i>Rhizosolenia</i>	0,152	0,001	
<i>Thalassiothrix</i>		0,001	
<i>Triceratium</i>	0,029	0,008	
Larva Ciliata			
<i>Helicostomella</i>		0,014	0,075
<i>Parafavella</i>	0,033	0,006	0,035
Larva Crustacea			
<i>Calanus</i>		0,015	0,226
<i>Nauplius</i>		0,091	0,056
<i>Oithona</i>		0,024	0,018
Cyanophyceae			
<i>Merismopedia</i>	3,607	1,301	33,361
Dinophyceae			
<i>Dinophysis</i>		0,005	0,928
<i>Peridinium</i>		0,009	
<i>Pyrocystis</i>		0,001	
Larva Polychaeta			
<i>Travisiopsis</i>		0,001	
Larva Tentaculata			
<i>Notholca</i>		0,009	
Larva Gastropoda		0,023	
Larva Nematoda		0,668	
Detritus	9,386	10,717	14,925

Tabel 6 Indeks bagian terbesar jenis makanan *M. engeli* di Teluk Pabean berdasarkan kelompok ukuran panjang baku

Jenis organisme makanan	<i>M. engeli</i>		
	Kecil	sedang	besar
Bacillariophyceae			
<i>Amphora</i>	0,322	0,483	1,260
<i>Cocconeis</i>		0,013	
<i>Coscinodiscus</i>	1,158	12,405	3,025
<i>Gammatophora</i>	0,983		1,927
<i>Gyrosigma</i>		0,874	1,171
<i>Licmophora</i>	40,963	0,083	
<i>Navicula</i>	0,369	0,660	
<i>Nitzschia</i>	35,634	24,179	62,270
<i>Pleurosigma</i>	6,452	16,062	30,347
<i>Rhabdonema</i>		0,021	
<i>Triceratium</i>		0,003	
Larva Ciliata			
<i>Helicostomella</i>		0,019	
<i>Parafavella</i>		0,267	
Larva Crustacea			
<i>Calanus</i>		0,184	
Nauplius	0,051	0,245	
<i>Oithona</i>	0,038	0,007	
Cyanophyceae			
<i>Merismopedia</i>		1,978	
Larva Nematoda		29,386	
Detritus	14,032	13,131	31,677

Komposisi perifiton kelas Bacillariophyceae yang tinggi ditemukan pada kelompok ukuran sedang pada kedua spesies ikan. Makanan yang juga dominan ditemukan pada kelompok ukuran tersebut adalah larva organisme, seperti larva Ciliata, larva Crustacea, dan larva Nematoda pada kedua spesies. Larva Polychaeta, larva Tentaculata, dan larva Gastropoda hanya ditemukan pada kelompok ukuran sedang *C. subviridis*.

Luas dan tumpang tindih relung makanan

Variasi makanan yang dimanfaatkan ikan belanak berhubungan dengan relung makanannya. Luas relung makanan *C. subviridis* yaitu

5,995 dengan pembakuan luas relung makanan 0,167. Nilai luas relung makanan relatif berbeda pada setiap kelompok ukuran. Kelompok ukuran ikan sedang memiliki nilai luas relung yang tinggi dibandingkan kelompok ukuran lain (Tabel 7).

Luas relung makanan *M. engeli* yaitu 5,780 dengan pembakuan luas relung makanan 0,159. Nilai luas relung yang berbeda pada setiap kelompok ukuran panjang juga terjadi pada *M. engeli*. Kelompok ukuran ikan sedang *M. engeli* memiliki nilai luas relung yang tinggi dibandingkan kelompok ukuran lainnya (Tabel 8). Selain luas relung makanan, *C. subviridis* dan *M. engeli* juga memiliki tumpang tindih relung makanan yang relatif rendah yaitu 0,037.

Tabel 7 Luas relung makanan *C. subviridis* di Teluk Pabean pada bulan Juli-Desember 2016

Luas relung makanan	Kelompok ukuran panjang		
	Kecil	sedang	besar
B	5,279	6,384	2,347
B _A	0,153	0,192	0,048
B		5,995	
B _A		0,167	

* B: luas relung makanan; B_A: pembakuan luas relung makanan (0-1)

Tabel 8 Luas relung makanan *M. engeli* di Teluk Pabean pada bulan Juli-Desember 2016

Luas relung makanan	Kelompok ukuran panjang		
	Kecil	sedang	besar
B	2,706	4,678	3,371
B _A	0,061	0,131	0,085
B		5,780	
B _A		0,159	

* B: luas relung makanan; B_A: pembakuan luas relung makanan (0-1)

Pembahasan

Kelompok ukuran ikan

Dua spesies ikan hasil tangkapan memiliki ukuran dan jumlah yang berbeda (Tabel 1). Ikan yang dominan tertangkap terdapat pada kelompok ukuran sedang dengan jumlah tangkapan 102 ekor *C. subviridis* dan 26 ekor *M. engeli*. Tangkapan pada kelompok ukuran lainnya relatif sedikit, terutama pada kelompok ukuran kecil *C. subviridis*, hanya diperoleh 8 ekor dan kelompok ukuran besar *M. engeli* hanya diperoleh 2 ekor. Ikan berukuran sedang (100-150 mm) yang dominan tertangkap diduga karena adanya faktor selektivitas alat tangkap. Alat tangkap yang digunakan hanya memiliki satu ukuran mata jaring atau selektivitasnya tinggi, yaitu sero (0,04 inci) dan jaring insang (1,5-1,75 inci). Hal tersebut diduga akan menghasilkan tangkapan ikan dengan ukuran yang seragam.

Ukuran ikan yang tertangkap pada kedua spesies didominasi oleh ikan berukuran sedang (100-150 mm). Hal tersebut berbeda dari peneli-

tian Djumanto *et al.* (2015), *C. subviridis* yang banyak tertangkap di Sungai Opak umumnya berukuran 100-199 mm. Perbedaan ukuran panjang ikan belanak yang tertangkap juga terjadi di perairan Ujung Pangkah, ikan belanak yang tertangkap berukuran kecil dengan kisaran panjang 125-165 mm (Sulistiono *et al.* 2001). Djumanto *et al.* (2015) menyatakan bahwa perbedaan ukuran panjang yang tertangkap dapat mengindikasikan adanya perbedaan umur serta musim pemi-
jahan ikan tersebut dan akan berkaitan dengan kondisi habitatnya.

Jumlah ikan *C. subviridis* yang tertangkap lebih banyak daripada *M. engeli*. Hal tersebut diduga karena kebiasaan *C. subviridis* yang hidup bergerombol (Harrison & Senou 1999) dan didukung oleh kondisi Teluk Pabean yang merupakan perairan estuari cocok untuk habitat ikan tersebut (Djumanto *et al.* 2015). Berbeda dengan *M. engeli* yang lebih banyak hidup di sekitar pantai berpasir atau berlumpur serta daerah gosong pasir yang dangkal (Harrison & Senou 1999).

Makanan ikan belanak

Pengelompokan makanan berdasarkan indeks bagian terbesar menunjukkan bahwa makanan ikan *C. subviridis* dan *M. engeli* didominasi oleh perifiton, larva organisme, dan detritus (Gambar 2). *C. subviridis* memanfaatkan perifiton kelas Bacillariophyceae sebagai kelompok makanan utama. Proporsi Bacillariophyceae yang dominan dibandingkan Cyanophyceae dan detritus mengindikasikan bahwa keberadaan perifiton kelas Bacillariophyceae melimpah di perairan estuari hingga laut lepas. Hal tersebut dinyatakan oleh Yuliana *et al.* (2012) bahwa Bacillariophyceae memiliki penyebaran yang luas di perairan Teluk Jakarta.

M. engeli juga memanfaatkan perifiton kelas Bacillariophyceae sebagai kelompok makanan utamanya. Bacillariophyceae yang memiliki proporsi tinggi dibandingkan larva *Nemato-da* dan detritus dapat diduga karena kelimpahan Bacillariophyceae yang melimpah di perairan, khususnya Teluk Pabean. Andriani *et al.* (2017) melaporkan bahwa Bacillariophyceae memiliki kelimpahan yang tinggi di Teluk Pabean. Teluk Pabean, yang termasuk perairan estuari dengan substrat dominan lumpur, diduga menjadi salah satu faktor penentu tingginya kelimpahan Bacillariophyceae atau Diatom dan Dinoflagellata (Nybakken 1997).

Tidak hanya perifiton kelas Bacillariophyceae yang dominan, detritus juga menjadi makanan yang memiliki proporsi tinggi. Pada ikan *Mugil cephalus* di estuari laguna tropis Tenggara, Nigeria (Soyinka & Olukolajo 2008) dan *Mugil cephalus* di pesisir Timur Andhra Pradesh, India (Rao & Babu 2013) juga ditemukan detritus yang dominan. Makanan yang terdiri atas kelompok perifiton dan detritus, tentunya berkaitan dengan morfologi organ pencernaan dan habitat ikan belanak di perairan estuari. Organ pencernaan beru-

pa tapis insang yang panjang dan rapat, tembolok yang dikelilingi pilorik kaeka serta usus yang relatif panjang merupakan adaptasi terhadap makanan ikan belanak (Cardona 2016).

Pleurosigma menjadi jenis perifiton yang banyak dimanfaatkan oleh *C. subviridis* (Tabel 2). Empat spesies ikan belanak di pesisir laguna, Ghana juga banyak memanfaatkan *Pleurosigma* sebagai makanannya (Blay 1995). *M. engeli* juga memanfaatkan perifiton kelas Bacillariophyceae sebagai kelompok makanan utamanya, tetapi jenis makanan dominan yang dimanfaatkannya berbeda yaitu *Nitzschia* (Tabel 2). Nybakken (1997) menyatakan bahwa *Nitzschia* merupakan salah satu perifiton kelas Bacillariophyceae yang banyak ditemukan di perairan estuari.

Ikan belanak yang memanfaatkan perifiton dan detritus sebagai makanannya tidak hanya terjadi di Teluk Pabean. Perifiton dan detritus juga dimanfaatkan oleh *Mugil cephalus* di estuari laguna tropis Tenggara, Nigeria (Soyinka & Olukolajo 2008), *Mugil cephalus* di pesisir Timur Andhra Pradesh, India (Rao & Babu 2013), serta *C. subviridis* dan *Valamugil buehneri* di estuari Merbok, Kedah, Malaysia (Fatema *et al.* 2015a).

Pada setiap bulan pengamatan makanan *C. subviridis* dan *M. engeli* cenderung memiliki kesamaan, hanya saja proporsi serta komposisi makanan utama yang berbeda (Tabel 3, 4). *Pleurosigma* dan *Nitzschia* merupakan jenis makanan utama yang memiliki proporsi tinggi setiap bulan pengamatan. *Coscinodiscus* dan detritus juga memiliki proporsi yang relatif tinggi setiap bulan pengamatan. Proporsi *Pleurosigma* yang tinggi selama pengamatan juga terdapat pada empat spesies ikan belanak di pesisir laguna, Ghana (Blay 1995).

Perubahan proporsi makanan yang dikonsumsi oleh kedua spesies terjadi seiring dengan perubahan waktu. Proporsi makanan yang beru-

bah pada setiap bulan pengamatan dapat disebabkan oleh ketersediaan makanan di perairan, di antaranya kelimpahan Bacillariophyceae (Andriani *et al.* 2017), penyebaran organisme makanan di perairan serta perubahan kondisi lingkungan (Simanjuntak & Rahardjo 2001). Selain itu, Tampubolon & Simanjuntak (2009) menyatakan bahwa ketersediaan makanan alami di suatu perairan juga berkaitan dengan musim.

Tidak hanya dominan setiap bulan pengamatan, perifiton dan detritus juga dominan pada setiap kelompok ukuran panjang baku (Tabel 5 dan 6). *C. subviridis* memiliki delapan jenis perifiton yang dominan pada setiap kelompok ukurannya. Berbeda dengan *M. engeli*, pada setiap kelompok ukurannya hanya empat jenis perifiton yang dominan. Pada kelompok ukuran sedang, variasi jenis makanan yang ditemukan lebih tinggi daripada kelompok ukuran panjang lainnya dan umumnya didominasi oleh kelas Bacillariophyceae.

Proporsi Bacillariophyceae dan detritus pada setiap kelompok ukuran panjang berfluktuasi tapi cenderung sama. Bacillariophyceae yang dominan dikonsumsi sebagai makanan ikan belanak berkaitan dengan kondisi kelimpahan Bacillariophyceae yang tinggi di perairan Teluk Pabean (Andriani *et al.* 2017). Perubahan jenis, ukuran, dan proporsi makanan yang dimanfaatkan oleh *C. subviridis* dan *M. engeli* pada setiap kelompok ukuran panjang tidak berbeda nyata. Hal ini serupa dengan perubahan makanan pada ikan tembang di perairan Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara (Asriyana *et al.* 2004).

Proporsi detritus yang tinggi sebagai makanan ikan belanak dapat diduga dari produksi detritus di Teluk Pabean tinggi. Kondisi teluk yang masih dikelilingi oleh vegetasi mangrove memberikan potensi produksi detritus yang tinggi pada perairan tersebut (Zamroni & Rohyani

2008). Proporsi detritus yang relatif tinggi pada bulan Desember juga karena adanya pengaruh musim dan curah hujan, sehingga detritus tersebut banyak termakan oleh ikan belanak.

Curah hujan yang tinggi pada musim penghujan mengakibatkan pergerakan arus di perairan semakin tinggi. Selain itu, pergerakan gelombang pasang dan penggenangan air laut lebih lama terhadap detritus, sehingga laju pengikisan atau penguraian detritus juga semakin tinggi (Sa'ban *et al.* 2013). Proporsi detritus yang tinggi juga berkaitan dengan proporsi plankton dan perifiton kelas Bacillariophyceae yang tinggi di Teluk Pabean. Hal ini serupa dengan penelitian di perairan mangrove Teluk Moramo (Sa'ban *et al.* 2013).

Luas dan tumpang tindih relung makanan

Variasi jenis makanan yang ditemukan pada kedua spesies relatif sama, kecuali beberapa jenis makanan yang ditemukan pada *C. subviridis* namun tidak ditemukan pada *M. engeli*. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai luas relung makanan *C. subviridis* yang lebih tinggi dibandingkan *M. engeli* (Tabel 7 dan 8). Selain itu, kelompok ukuran sedang ikan belanak memiliki nilai luas relung yang tinggi dibandingkan kelompok ukuran lainnya. Hal tersebut terlihat pada tingginya variasi jenis makanan kedua spesies ikan di kelompok ukuran tersebut (Tabel 5 dan 6). Nilai luas relung makanan akan tinggi ketika suatu organisme memanfaatkan makanan yang beragam dalam jumlah yang relatif sama (Krebs 1989).

Luas relung makanan yang tinggi pada kelompok ukuran sedang diduga karena pada ukuran tersebut ikan belanak membutuhkan lebih banyak energi untuk proses pematangan gonad. Rahman *et al.* (2015) menyatakan bahwa ikan *C. subviridis* jantan dan betina memiliki

panjang kali pertama matang gonad pada ukuran 131 dan 145 mm. Wigati & Syafei (2013) juga menyatakan bahwa *M. engeli* jantan dan betina memiliki panjang kali pertama matang gonad terkecil pada ukuran 135 dan 145 mm.

Variasi makanan yang berupa larva organisme banyak ditemukan pada kelompok ukuran sedang. Larva organisme memberikan asupan energi berupa protein untuk proses perkembangan gonad. Habibi *et al.* (2013) menyatakan bahwa kandungan protein pada makanan ikan akan memengaruhi proses perkembangan gonad. Marzuqi *et al.* (2015) menegaskan bahwa protein merupakan salah satu nutrisi dalam makanan ikan yang penting untuk perkembangan dan pematangan gonad.

C. subviridis dan *M. engeli* memiliki tumpang tindih relung makanan yang relatif rendah. Nilai tersebut mengindikasikan tidak adanya kesamaan pemanfaatan makanan pada kedua spesies. Hal ini ditunjukkan oleh variasi makanan dan nilai luas relung yang tinggi. Kondisi makanan juga melimpah di perairan Teluk Pabean selama pengamatan (Andriani *et al.* 2017). Kelimpahan makanan yang relatif tinggi tidak akan menimbulkan persaingan dalam memperoleh makanan (Ekpo *et al.* 2014).

Nilai tumpang tindih juga menggambarkan perubahan jenis makanan yang dimanfaatkan. Perubahan ini mengindikasikan adanya perbedaan jenis makanan yang dimanfaatkan. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh ketersediaan makanan, ukuran makanan, frekuensi pengambilan makanan, tingkat kerapatan tapis insang, dan tingkat kelaparan ikan (Pradini *et al.* 2001).

Simpulan

Komposisi makanan ikan belanak yang ditemukan terbagi menjadi tiga kelompok besar,

yaitu 21 jenis perifiton, 9 larva organisme, dan detritus. Perubahan komposisi setiap jenis makanan terjadi pada setiap kelompok ukuran panjang ikan selama pengamatan. *C. subviridis* dan *M. engeli* memiliki relung makanan yang luas dengan nilai luas relung masing-masing sebesar 5,995 dan 5,780. Pemanfaatan makanan yang sama relatif kecil terjadi pada *C. subviridis* dan *M. engeli* dengan nilai tumpang tindih 0,037.

Persantunan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim penelitian Teluk Pabean II, staf Laboratorium Biologi Makro, Pak Kirwan, Pak Swara dan Bu Swara serta keluarga nelayan lainnya di Teluk Pabean yang telah membantu tim selama kegiatan penelitian di lapangan.

Daftar pustaka

- Andriani A, Damar A, Rahardjo MF. 2017. Kelimpahan fitoplankton sebagai makanan ikan di Teluk Pabean, Jawa Barat. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 1(2): 11-22.
- Asriyana, Sulistiono, Rahardjo MF. 2004. Kebiasaan makanan ikan tembang, *Sardinella fimbriata* Val. (Fam. Clupeidae) di perairan Teluk Kendari Sulawesi Tenggara. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 4(1): 43-50.
- Blay JJR. 1995. Food and feeding habits of four species of juvenile mullet (Mugilidae) in a tidal lagoon in Ghana. *Journal of Fish Biology*. 46(1): 134-141.
- Cardona L. 2016. Food and feeding of Mugilidae. In: Crosetti D, Blaber S (editor). *Biology, Ecology and Culture of Grey Mullet (Mugilidae)*. CRC Press. New York p 165-190.
- Davis CC. 1955. *The Marine and Fresh-Water Plankton*. Michigan State University Press. 562p.
- Djumanto, Gustiana M, Setyobudi E. 2015. Dinamika populasi ikan belanak, *Chelon subviridis* (Valenciennes, 1836) di muara Sungai Opak – Yogyakarta. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 15(1): 13-24.

- Ekpo IE, Essien-Ibok MA, Nkwoji JN. 2014. Food and feeding habits and condition factor of fish species in Qua Iboe River estuary, Akwa Ibom State, southeastern Nigeria. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 2(2): 38-46.
- Fatema K, Omar MWM, Isa MM. 2015a. Variation of food items in the stomach contents of two Mullet, *Chelon subviridis* and *Valamugil buchanani*, from Mebrok. *Bangladesh Journal of Zoology*. 43(2): 213-220.
- Fatema K, Omar MWM, Isa MM. 2015b. Analysis of stomach contents in green back mullet *Chelon subviridis* from merbok estuary, Malaysia. *Bangladesh Journal of Zoology*. 43(1): 153-156.
- Habibi, Sukendi, Aryani N. 2013. Kematangan gonad ikan sepat mutiara (*Trichogaster leeri* Blkr) dengan pemberian pakan yang berbeda. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*. 1(2): 127-134.
- Harrison IJ, Senou H. 1999. *Order Mugiliformes*. In: Carpenter KE & Niem VH (editor). *FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes. The Living Marine Resources of the Western Central Pacific*. Volume 4. *Bony Fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae)*. Rome (IT): FAO. p 2069-2108.
- Isangedighi IA, Udo PJ, Ekpo IE. 2009. Diet composition of *Mugil cephalus* (Pisces: Mugilidae) in the cross river estuary, Niger Delta, Nigeria. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*, 5(2-4): 10-15.
- Krebs CJ. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publisher. Inc. New York 654 p.
- Marzuqi M, Giri INA, Setiadharna T, Andama-ri R, Andriyanto W, Astuti NWW. 2015. Penggunaan pakan prematurasi untuk peningkatan perkembangan gonad pada calon induk ikan bandeng (*Chanos chanos* Forsskal). *Jurnal Riset Akuakultur*. 10(4): 519-530.
- Natarajan AV, Jhingran AG. 1961. Index of preponderance: a method of grading the food elements in the stomach analysis of fishes. *Indian Journal of Fisheries*. 8(1): 54-59.
- Nybakken JW. 1997. *Marine Biology: An Ecological Approach 4th ed*. Addison-Wesley Educational. 481 p.
- Pradini S, Rahardjo MF, Kaswadji R. 2001. Kebiasaan makanan ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) di perairan Muncar, Banyuwangi. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 1(1): 41-45.
- Rahman MAU, Mohanchander P, Lyla PS, Khan SA. 2015. Reproductive characteristics of greenback mullet, *Liza subviridis* (Valenciennes, 1936) from Parangipettai waters (Southeast Coast of India). *International Journal of Pure and Applied Zoology*. 3(3): 240-250.
- Rachman A, Herawati T, Hamdani H. 2012. Kebiasaan makanan dan luas relung ikan di Cilalawi Waduk Jatiluhur Kabupaten Purwakarta Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 3(2): 79-87.
- Rao RK, Babu KR. 2013. Studies on food and feeding habits of *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) East Coast Off Andhra Pradesh, India. *Canadian Journal of Pure & Applied Sciences*. 7(3): 2499-2504.
- Sa'ban, Ramli M, Nurgaya W. 2013. Produksi dan laju dekomposisi detritus mangrove dengan kelimpahan plankton di perairan mangrove Teluk Moramo. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. 3(12): 132-146.
- Sentosa AA, Satria H. 2011. Relung ekologi beberapa ikan target hasil tangkapan bubu di sekitar terumbu buatan perairan Teluk Saleh, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Literatur Perikanan Indonesia*. 17(3): 209-219.
- Simanjuntak CPH, Rahardjo MF. 2001. Kebiasaan makanan ikan tetet (*Johnius belangerii*) di perairan mangrove pantai Mayangan, Jawa Barat. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 1(2): 11-17.
- Soyinka, Olukolajo O. 2008. The feeding ecology of *Mugil cephalus* (Linnaeus) from a high brackish tropical lagoon in Southwest, Nigeria. *African Journal on Biotechnology*. 7(22): 4192-4198.
- Sulistiono, Arwani M, Aziz KA. 2001. Pertumbuhan ikan belanak (*Mugil dussumieri*) di perairan Ujung Pangkah, Jawa Timur. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 1(2): 39-47.
- Tampubolon PARP, Simanjuntak CPH. 2009. Kebiasaan makanan ikan motan *Thynnichthys thynnoides*, Bleeker, 1852 di rawa banjiran sungai Kampar Kiri, Riau. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 9(2): 195-201.

- Wahyuni T, Sulistiono, Affandi R. 2004. Kebiasaan makanan ikan buntal pisang (*Tetraodon lunaris*) di perairan Mayangan, Jawa Barat. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 4(1): 25-30.
- Wigati KN, Syafei LS. 2013. Biologi reproduksi ikan belanak (*Moolgarda engeli*, Bleeker 1858) di pantai Mayangan, Jawa Barat. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 13(2): 125-132.
- Wijeyaratne MJS, Costa HH. 1990. Food and feeding of two species of grey mullets *Valamugil buechanani* (Bleeker) and *Liza vaigiensis* quoy and gaimard inhabiting brackishwater environments in Srilanka. *Indian Journal Fisheries*. 37(3): 211-219.
- Yamaji I. 1979. *Illustrations of the Marine Plankton of Japan*. Japan (JP): Hoikusha Publishing Co. Ltd. 537 p.
- Yuliana, Adiwilaga EM, Harris E, Pratiwi NTM. 2012. Hubungan antara kelimpahan fitoplankton dengan parameter fisik-kimiawi perairan di Teluk Jakarta. *Jurnal Akuatika*. 3(2): 169-179.
- Zamroni Y, Rohyani IS. 2008. Produksi serasah hutan mangrove di perairan pantai Teluk Sepi, Lombok Barat. *Jurnal Biodiversitas*. 9(4): 284-287.

Profil hormon FSH, LH dan estradiol serta kadar glukosa darah sidat, *Anguilla bicolor bicolor* (Mc Clelland, 1844) yang dirangsang hormon HCG, MT, E2 dan anti dopamin

[Hormone profile of FSH, LH and estradiol with glucose blood level of Indonesian short-finned eel (*Anguilla bicolor bicolor* Mc Clelland, 1844) stimulated by HCG, MT, E2 and dopamine inhibitory]

Abdul Zahri^{1✉}, Agus Oman Sudrajat², Muhammad Zairin Junior²

¹Program Studi Budidaya Perikanan, Politeknik Perikanan Negeri Tual, Maluku Tenggara

²Departemen Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB

Diterima: 19 September 2017; Disetujui: 20 Februari 2018

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis profil hormon FSH, LH dan E2 ikan sidat yang dirangsang dengan hormon ekso-genous serta kadar glukosa darah. Enam perlakuan diterapkan dengan kombinasi anti dopamin 10 mg mL⁻¹ (A), estradiol (E2) 3 mg mL⁻¹ + A (EA), metyltestosteron (MT) 3 mg mL⁻¹ + A (MTA), hormon hCG 2 mg mL⁻¹ + EA (hEA) dan hCG 2 mg mL⁻¹ + MTA (hMTA), dengan kontrol (F) fisiologis 0,9% NaCl. Enam kelompok sidat uji (200±15 g) dipelihara pada bak beton berkapasitas 3.400 liter dan di isi dengan air laut bersalinitas 35 mg L⁻¹ sebanyak 2000 liter. Sidat diinjeksi dengan dosis hormon 1 mL kg⁻¹ secara intramuskular, hewan uji diberi pakan secara *at satiation* sekali sehari selama 10 minggu. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan satu faktor perlakuan, yaitu faktor hormon dan kombinasinya. Darah sidat terbukti mengandung FSH, LH, E2, peningkatannya terlihat nyata terjadi melalui plasma darah pada perlakuan hMTA dan hEA pada tingkat P<0,05. Konsentrasi glukosa tertinggi pada formula hMTA 67,33 mg dL⁻¹ dan berbeda nyata pada taraf P<0,05. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan hormon ekso-genous perlakuan hMTA meningkatkan konsentrasi FSH, LH, dan E2. Profil FSH dan LH menunjukkan pola permutasi selama proses perkembangan gonad sidat, di mulai dengan meningkatnya FSH di fase awal perkembangan gonad. Profil LH bergerak seiring dengan peningkatan E2 selama proses pematangan gonad sidat (*A. bicolor bicolor*), dengan kadar glukosa darah pada kisaran normal.

Kata penting: glukosa, hormon, pematangan gonad, sidat

Abstract

This study aims to analyze the hormone profile of FSH, LH and E2 to the eel after exogenous hormone stimulation and blood glucose levels. Six formulated treatment applied with combination of dopamine antagonist 10 mg mL⁻¹ (A), estradiol (E2) 3 mg mL⁻¹ + A (EA), metyltestosteron (MT) 3 mg mL⁻¹ + A (MTA), hCG 2 mg mL⁻¹ + EA (hEA) and hCG 2 mg mL⁻¹ + MTA (hMTA), with (F) physiologic 0.9% NaCl to control. Six group eel (200±15g) reared in a concrete tank with a capacity of 3,400 liters and filled with sea water of 35 mg L⁻¹ as much as 2000 liters. Eels injected 1 mL kg⁻¹ hormone by intramuscularly, were feed to apparent satiation daily for 10 weeks. The study used Completely Randomized Design with one treatment factor, namely hormonal factor and its combination. Fish blood that were directly concentration to FSH, LH and E2, the enhanced significantly high in the blood plasma on treatment hMTA and hEA P<0.05. Glucose concentration in the blood plasma is high enough in a row on a formula hMTA 67.33 mg dL⁻¹ and significantly different to P<0.05. The result indicates that induction of exogenous hormone (hMTA) improve FSH, LH and E2. FSH and LH profiles show permutation patterns during the development of eel gonad, beginning with the increase of FSH in the early phases of gonadal development. LH profile moves in line with the increase in E2 during gonadal maturation process eels (*A. bicolor bicolor*), with blood glucose levels in the normal range.

Keywords: glucose, hormone, gonad maturation, Indonesian short-finned eel.

Pendahuluan

Ikan sidat (*Anguilla bicolor bicolor*) bersifat katadromus, yaitu ikan yang melakukan ruaya pemijahan dari lingkungan air tawar ke lingkungan air laut dan umumnya terjadi pada

malam hari. Sidat merupakan hewan yang aktif pada malam hari dan ruaya pemijahan umumnya dilakukan pada malam hari dan beristirahat pada siang harinya (Aerstrup *et al.* 2010). Telur menetas di laut dan larva sidat berenang kembali menuju perairan tawar untuk tumbuh menjadi sidat dewasa. Fahmi *et al.* (2013) dan Inoue *et al.*

✉ Penulis korespondensi

Alamat surel: zalwie_25@yahoo.co.id

(2010) menjelaskan bahwa semua sidat hidup di air tawar dan kembali ke laut hanya untuk bertelur. Sampai saat ini, sidat juga digolongkan sebagai ikan yang melakukan pemijahan sekali dalam daur hidupnya, sehingga sangat penting untuk memastikan bahwa setidaknya terdapat sidat yang berhasil melakukan pemijahan untuk menjaga kelestarian sidat. Selain menjaga daur alamiahnya, menjaga kelestarian spesies dapat pula dilakukan dengan budi daya pada kondisi yang dimodifikasi dan terkontrol dengan rangsangan hormon.

Rangsangan hormon pada prinsipnya adalah upaya menambahkan sejumlah hormon dari luar (*exogenous hormone*) yang berfungsi sebagai kontrol proses reproduksi, sehingga daur reproduksi dapat dipercepat atau dapat dilakukan di luar lingkungan alamiahnya. Hormon penting yang mengatur proses reproduksi diantaranya adalah *follicle stimulating hormone* (FSH) dan *luteinizing hormone* (LH) yang disintesis di kelenjar hipofisis. Rangsangan dari lingkungan direspons oleh kelenjar pituitari (Weltzien *et al.* 2009), untuk mensintesis dan mensekresikan FSH dan LH (Cerdeira-Reverte & Canosa 2009), yang merangsang gonad memproduksi hormon-hormon steroid. Hormon ini berfungsi untuk mengatur kerja kelenjar gonad, FSH bertugas merangsang pertumbuhan follikel dan testis melalui proses spermatogenesis. LH merangsang pembentukan kuning telur dari minyak yang dihasilkan selama proses vitelogenesis hingga ovulasi serta meningkatkan produksi steroid hormon pada ikan betina dan jantan. Sebagaimana yang dijelaskan oleh Miura & Miura (2011) dan Aroua *et al.* (2012), bahwa FSH menginisiasi gametogenesis dan vitelogenesis, sementara LH mengatur pematangan akhir, spermiasi dan ovulasi.

Proses perkembangan gonad yang dirangsang oleh hormon eksogenus mengakibatkan reaksi biologis spontan oleh tubuh sebagai respons terhadap dorongan untuk melakukan daur reproduksi. Reaksi biologis tubuh diantaranya berupa peningkatan kebutuhan energi untuk mempercepat perkembangan gonad. Kebutuhan energi juga dapat meningkat akibat stres karena perlakuan, tetapi stres akibat perlakuan dapat dikesampingkan bila diketahui bahwa penerapan hormon eksogenus efektif merangsang perkembangan gonad, sehingga energi yang dibutuhkan dalam bentuk glukosa dianggap sebagian terbesar digunakan untuk perkembangan gonad. Berdasarkan kadar glukosa darah dapat diketahui seberapa besar tingkat pemanfaatan energi untuk pertumbuhan gonad dan diketahui besarnya tingkat stres sidat selama perlakuan.

Pengukuran terhadap pergerakan konsentrasi hormon FSH dan LH dalam darah sidat dapat memberikan indikasi bahwa sidat telah termotivasi untuk melakukan reproduksi, dengan indikator profil hormon FSH, LH dan E2. Pengukuran konsentrasi glukosa dalam plasma darah juga dapat digunakan sebagai indikator adanya akselerasi terhadap pertumbuhan gonad dan linier dengan peningkatan profil hormon FSH dan LH. Profil hormon dapat dipicu oleh kondisi lingkungan (Kalujnaia *et al.* 2007) dan aktifitas estrogen (Tsai *et al.* 2011). Profil hormon *A. anguilla* menggambarkan pola peningkatan pada fase ruaya pemijahan (Van Ginneken *et al.* 2007).

Penelitian ini bertujuan menganalisis profil hormon FSH, LH dan E2 serta kadar glukosa darah sidat selama proses pematangan gonad yang dirangsang hormon hCG, metiltesteron, estradiol, dan antidopamin secara tunggal maupun kombinasinya. Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi perkembangan ilmu dan

teknologi terapan untuk mendukung kegiatan budi daya sidat dalam lingkungan terkontrol.

Bahan dan metode

Penelitian dilaksanakan bulan Juli sampai Oktober 2014 di Kolam Percobaan Babakan, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bahan yang digunakan adalah ikan sidat dengan bobot 200 ± 15 g, masing-masing sebanyak 27 ekor per perlakuan. Sidat dipelihara di dalam bak berkapasitas 3 ton dengan air bersalinitas 35 mg L^{-1} sebanyak 1,5 ton. Sidat diberi pakan pellet yang mengandung protein 46% dengan ukuran butir pellet 3 mm, pakan diberikan sehari sekali sampai kenyang.

Sidat diinjeksi dengan dosis 1 mL kg^{-1} berat tubuh secara intramuscular pada dasar sirip punggung. Sampling dan penyuntikan hormon dilakukan setiap dua minggu dengan frekuensi enam kali. Sebanyak 1,5 mL darah sidat diambil dan disentrifus dengan kecepatan 3500 rpm selama 3 menit, kemudian plasma darah dipindahkan ke tabung Eppendorf 1 mL dan disimpan beku pada suhu -20°C . Konsentrasi hormon FSH, LH dan E2 dikuantifikasi menggunakan metoda *enzyme-linked immunosorbent assay* (ELISA). Instrumen yang digunakan yaitu ELISA reader Bio-Rad 550 pada panjang gelombang 450 nm dengan limit deteksi mulai dari 25 pg mL^{-1} . Prosedur analisis ELISA mengikuti katalog produk spesifik E2 DRG® EIA-2693, FSH DRG® EIA-1288, LH DRG® EIA-1289, DRG International, USA.

Sampel serum beku dicairkan menggunakan *heat cabinet* selama 15 menit pada suhu 37°C . Kit standar ditetapkan pada konsentrasi ber-tingkat, yaitu: 25, 50, 100, 250, 500, 1000 dan 2000 pg mL^{-1} . Sebanyak 100 μL kit standar, kontrol dan sampel dipipet ke dalam masing-

masing sumur *microplate* ELISA secara duplo, ditutup dan diberi label kemudian diinkubasi dua jam pada suhu 37°C . Selanjutnya ditambahkan 200 μL enzim konjugat *horse radish peroxidase* ke dalam tiap sumur *microplate* dan diinkubasi selama 60 menit pada suhu $20\text{--}25^\circ\text{C}$. Setelah inkubasi, dilakukan pencucian dengan larutan *wash solution* 400 μL tiap-tiap sumur. Sebanyak 100 μL larutan substrat ditambahkan pada tiap sumur dan diinkubasi selama 15–30 menit pada suhu 37°C . Sampai tahap ini *microplate* harus dilindungi dari cahaya langsung. *Stop solution* yang mengandung 0,5 mol H_2SO_4 ditambahkan pada tiap-tiap sumur sebanyak 50 μL untuk menghentikan reaksi enzimatik. Kerapatan optik dari setiap sumur ditetapkan dan pembacaan lempeng diatur pada panjang gelombang 450 nm selama 10 menit menggunakan ELISA reader BioRad 550.

Konsentrasi glukosa darah dianalisis menggunakan glukosa accu-check, dengan cara kertas strip dimasukkan kedalam lubang accu-check tunggu beberapa saat hingga layar monitor menampilkan pilihan komponen satuan darah (mmol L^{-1} atau mg dL^{-1}). Darah diteteskan pada kertas strip yang telah terpasang pada accu-check, ditunggu hingga monitor menampilkan hasilnya sesuai dengan satuan yang dipilih. Menurut Bartonkova *et al.* (2016), pengukuran kadar glukosa menggunakan glucometer kit lebih mudah dan cepat dengan hasil yang tingkat ketelitiannya tidak jauh berbeda dengan metode konvensional seperti spektrofotometer.

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan satu faktor perlakuan, yaitu hormon secara tunggal dan kombinasinya. Perlakuan terdiri atas enam faktor perlakuan dan tiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Perlakuan yang digunakan diantaranya anti dopamin (A) 10 mg mL^{-1} , estradiol (E) 3 mg mL^{-1} , metiltestosteron

(MT) 3 mg mL⁻¹, *human chorionic gonadotropin* (hCG) 20 IU mL⁻¹, dan larutan fisiologis 0,9% NaCl.

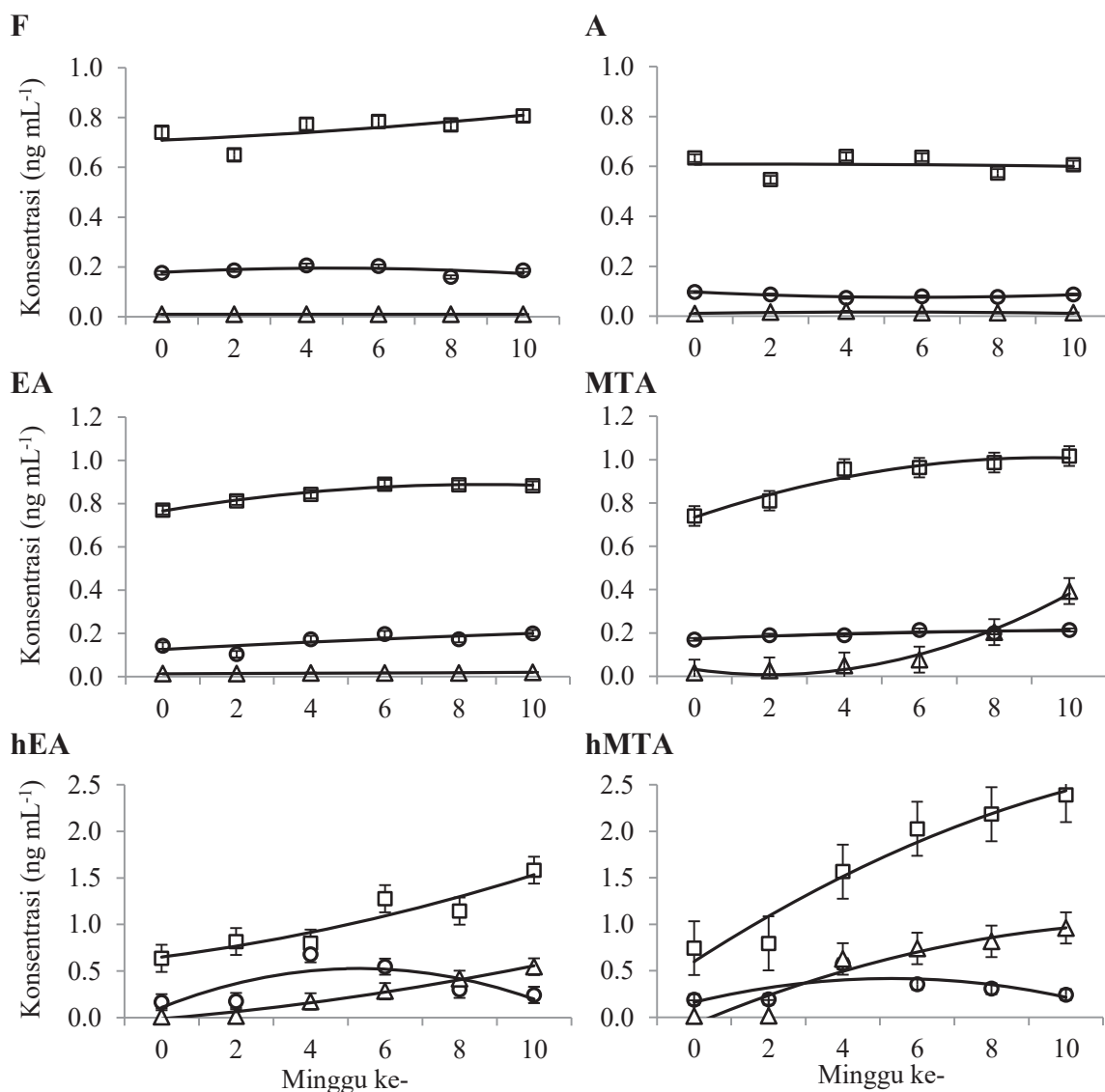
Parameter yang diamati yaitu profil konsentrasi hormon FSH, LH, Estradiol dan kadar glukosa darah. Data dianalisis menggunakan sidik ragam dan beda nilai tengah perlakuan diuji menggunakan uji Beda Nyata Terkecil.

Hasil

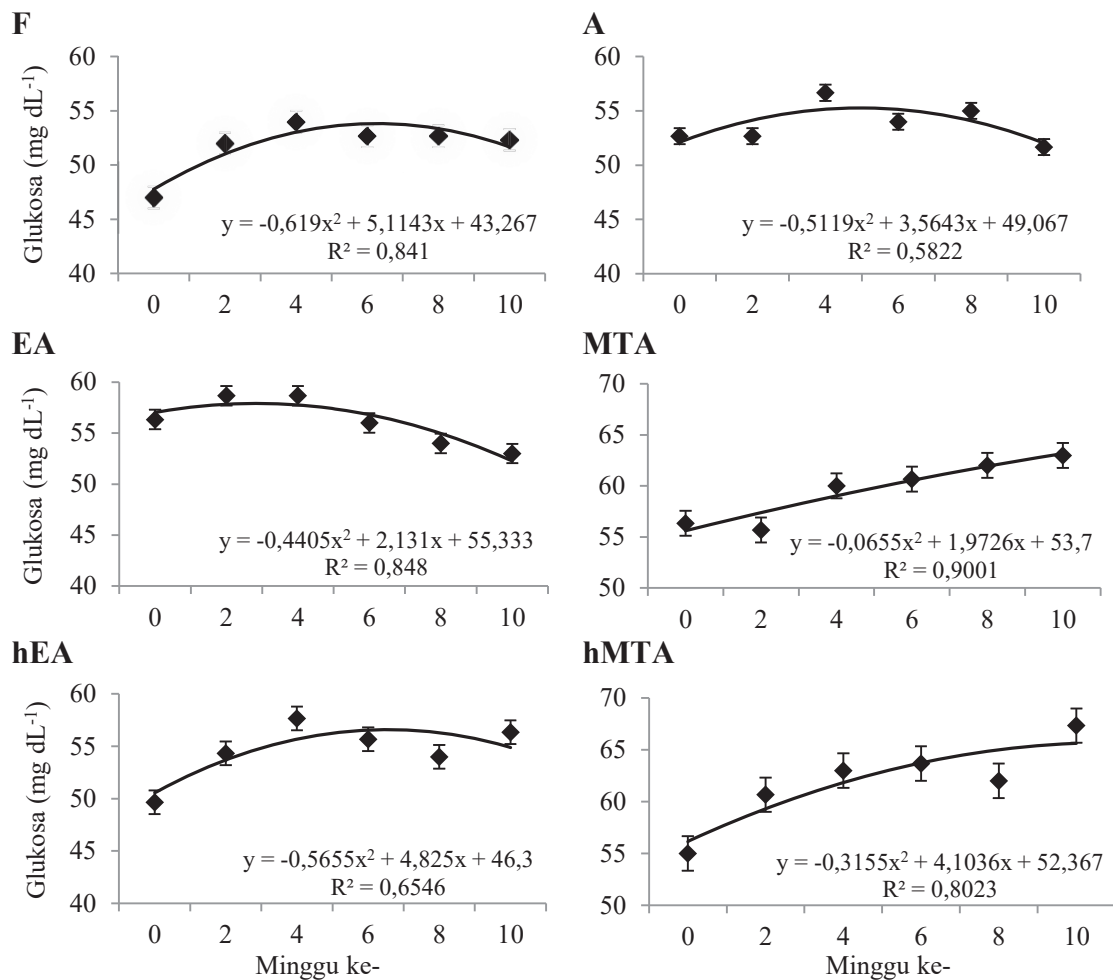
Profil hormon FSH, LH, dan E2

Profil hormon reproduksi yang menjadi

parameter uji dalam penelitian ini adalah hormon, FSH, LH, dan E2. Adapun nilai tengah profil konsentrasi hormon FSH, LH, dan E2 setiap perlakuan dari minggu ke-0 sampai minggu ke-10 sebagaimana tertera pada Gambar 1. Gambar tersebut menunjukkan bahwa perlakuan hormon hEA dan hMTA meningkatkan konsentrasi hormon FSH, LH, dan E2. FSH meningkat secara drastis di minggu ke-4 dan secara teratur turun sampai akhir penelitian. Estradiol meningkat secara teratur dan paralel dengan LH mulai minggu ke-2 sampai minggu ke-10.



Gambar 1. Nilai tengah profil hormon FSH (○), LH (△) dan E2 (□) *Anguilla bicolor bicolor* selama perlakuan. F: kontrol, A: anti dopamin, EA: estradiol + A, MTA: metiltestosteron + A, hEA: hCG + E2 + A, hMTA: hCG + MT + A. FSH, LH dan E2 diukur menggunakan ELISA dengan tingkat kepekaan ≥ 25 pg mL⁻¹.



Gambar 2. Nilai tengah kadar glukosa darah sidat *Anguilla bicolor bicolor* selama perlakuan. F: kontrol, A: anti dopamin, EA: estradiol + A, MTA: metilttesteron + A, hEA: hCG + E2 + A, hMTA: hCG + MT + A. Kadar glukosa diukur menggunakan instrumen glukosa accu-check dengan satuan mg dL⁻¹.

Kadar glukosa darah sidat

Glukosa merupakan salah satu sumber energi dan merupakan bahan bakar penting untuk metabolisme sel, termasuk sel-sel otak dan gonad. Selama proses pertumbuhan dan pematangan gonad, otak memegang peranan penting untuk menerima sinyal eksternal dan meneruskannya ke organ target dalam bentuk neurotransmitter maupun neurohormon, dan proses ini memerlukan energi yang bersumber dari glukosa. Kadar glukosa yang terdeteksi dalam darah sidat seperti tertera pada Gambar 2.

Pembahasan

Gambar 1 memberikan informasi tentang interaksi antara pengaruh perlakuan terhadap profil serum hormon FSH, LH, dan E2. FSH dan LH disekresikan oleh kelenjar hipofisis untuk mengatur reproduksi, dengan tingginya konsentrasi serum hormon ini dalam darah sidat menunjukkan bahwa sidat telah terangsang untuk melakukan proses reproduksi. Konsentrasi serum FSH tertinggi terdapat pada perlakuan hMTA $0,31 \pm 0,14$ ng mL⁻¹ dan perlakuan hEA $0,36 \pm 0,20$

ng mL⁻¹ dengan determinasi keragaman 0,5184 atau 51,84% menunjukkan bahwa garis dugaan dari percobaan yang diterapkan mendekati kondisi sebenarnya. Terdapat perbedaan pada perlakuan hEA dan hMTA terhadap perlakuan lainnya pada taraf $P < 0,01$. Perlakuan MTA berbeda nyata terhadap perlakuan EA, A dan F pada taraf $P < 0,05$.

Penerapan hormon secara kombinasi lebih baik untuk tujuan mempercepat rangsangan reproduksi, karena tiap-tiap hormon yang diterapkan berkontribusi sesuai dengan fungsinya masing-masing dalam membangun sinergi. Perlakuan terbaik dalam penelitian ini adalah kombinasi antara hCG, MT dan AD. Hasil penelitian ini identik dengan penelitian lain yang menggunakan kombinasi hormon mampu meningkatkan konsentrasi LH dalam plasma darah mencapai 5 ng mL⁻¹ (Vidal *et al.* 2004 in Weltzien *et al.* 2009). Penerapan hCG dimaksudkan untuk menggantikan peran hipofisis menyekresikan FSH dan LH apabila tidak mendapat cukup rangsangan oleh anti dopamin. Dampak melimpahnya FSH dan LH di dalam darah sidat, direspons oleh gonad dengan menyintesis dan melepaskan testosteron dan E2. Sementara itu, adanya tambahan hormon eksternal memberikan pesan kepada gonad untuk mempertegas status kelamin, jantan atau betina. Ketegasan status kelamin sangat membantu mempercepat proses spermatogenesis dan oogenesis serta pematangan akhir, karena status kelamin berpengaruh terhadap seluruh fungsi-fungsi reproduksi. Kontras dengan temuan Kasuga *et al.* (2008) pada *A. japonica* dan Tomkiewicz *et al.* (2011) pada *A. Anguilla* bahwa hCG lebih menginduksi spermatogenesis dan tidak demikian pada oogenesis.

Testosteron dapat ditransformasi menjadi E2 dengan bantuan aromatase yang mengarah pada pematangan dan vitelogenesis. Pernyataan

ini menjelaskan mengapa pada perlakuan hMTA memiliki profil hormon reproduksi dengan nilai rata-rata lebih tinggi daripada perlakuan hEA. Terdapat dua tahapan penting pada kasus ini, pertama sintesis precursor steroid dari testosteron menjadi hidroksiprogesteron, kedua dengan bantuan aromatase dikonversi menjadi estradiol yang dapat digunakan untuk perkembangan gonad (Nagahama & Yamashita 2008). Piferrer & Blázquez (2006) dan kemudian Uno *et al.* (2012) menegaskan bahwa aromatase juga berfungsi menentukan perubahan kelamin dan orientasi lingkungan. Meningkatnya konsentrasi E2 mengakibatkan terjadinya rangsangan yang kuat terhadap proses vitelogenesis, yang efeknya mempercepat aktifitas perkembangan gonad. Akibatnya, dengan melimpahnya hormon reproduksi eksogenous yang berasal dari perlakuan dapat memberikan sinyal dimulainya reproduksi kepada sistem biologis tubuh untuk merangsang poros otak-hipotalamus-pituitari-gonad aktif menyekresikan hormon endogenous untuk mempercepat pendewasaan seksual dan daur reproduksi.

Hormon FSH dan LH meningkat secara drastis di minggu ke-4 pada perlakuan hEA dan hTMA, dan efeknya terjadi percepatan pertumbuhan folikel. Bersamaan dengan pertumbuhan folikel, maka gonad dirangsang untuk menyintesis estradiol dan konsentrasinya terus meningkat seiring dengan tingkat perkembangan gonad. Sementara itu, meningkatnya E2 memberikan umpan balik positif terhadap poros otak-hipotalamus-pituitari untuk menyintesis LH. Kondisi ini terbukti dengan semakin meningkatnya konsentrasi LH dan seiring dengan peningkatan konsentrasi E2. Pada saat yang bersamaan, meningkatnya E2 juga menjadi umpan balik negatif terhadap sekresi FSH dan konsentrasinya mengalami penurunan setelah mencapai puncaknya di minggu ke-4. Sidat fase silver ditemukan hanya

menyintesis dan melepaskan LH seiring dengan peningkatan E2, tetapi FSH tidak terdeteksi (Schmitz *et al.* 2005 in Weltzien *et al.* 2009) dan estrogen dapat merangsang peningkatan sintesis dan sekresi LH yang pengaturannya pada banyak jenis ikan dikontrol oleh dopamin (Yaron & Levavi-Sivan 2011).

Terdapat perbedaan nyata antara konsentrasi E2 pada perlakuan hEA dengan hMTA pada taraf $P < 0,05$. Pada perlakuan hEA konsentrasi E2 $1,58 \text{ ng mL}^{-1}$ dan hMTA $2,39 \text{ ng mL}^{-1}$. Fenomena ini dimungkinkan karena keberadaan E2 tidak semata didapat dari luar, tetapi juga dihasilkan dari dalam tubuh, yaitu sekresi E2 oleh gonad. Indikatornya adalah meningkatnya konsentrasi LH, sehingga tingginya konsentrasi E2 pada perlakuan hEA dan hMTA disebabkan oleh peningkatan konsentrasi LH dan bukan karena E2 eksogenous. Profil konsentrasi estradiol pada penelitian ini memiliki pola yang serupa dengan sidat eropa, *A. anguilla* yang ditangkap di alam (van Ginneken *et al.* 2007a). Percobaan daya renang yang dilakukan pada *A. anguilla* terhadap tingkat kematangan seksual menunjukkan bahwa konsentrasi LH memiliki korelasi yang sangat kuat terhadap konsentrasi E2 dan peran FSH tidak dominan selama proses perkembangan gonad kecuali pada fase paling awal (van Ginneken *et al.* 2007) demikian pula pada *A. japonica* yang sedang melakukan ruaya pemijahan (Sudo *et al.* 2011).

Kondisi yang serupa terjadi pula pada perlakuan hEA. Fenomena seperti ini menunjukkan telah terjadi sintesis dan pelepasan hormon oleh kelenjar pituitari maupun gonad. Peningkatan konsentrasi E2 merupakan respons dari peningkatan LH, dengan demikian merupakan umpan balik negatif terhadap sekresi FSH. Pergerakan FSH yang ditampilkan oleh Gambar 1 perlakuan hEA dan hMTA menunjukkan adanya pe-

ningkatan pada awal perlakuan sampai minggu ke-4 kemudian diiringi dengan penurunan yang teratur hingga minggu ke-10, yaitu saat meningkatnya konsentrasi LH.

Pada kelompok ikan salmon, konsentrasi FSH meningkat selama perkembangan gonad dan turun sampai saat pematangan. Kadar LH sangat rendah saat perkembangan awal daur reproduksi, kemudian meningkat selama periode akhir pematangan (Suetake *et al.* 2003). Sementara itu, penelitian yang dilakukan pada *A. japonica* menunjukkan pola peningkatan sekresi FSH selama masa vitelogenesis hingga 15 kali dari kontrol dan LH hanya 1,5 kali. Sekresi FSH ditekan seiring meningkatnya LH. FSH tidak memberikan efek apapun pada *A. japonica* yang telah mencapai tahap pematangan (Ishihara *et al.* 2011, Miura & Miura 2011, Aroua *et al.* 2012).

Konsentrasi LH juga terlihat meningkat pada perlakuan MTA dan berdasarkan analisis ragam berpengaruh nyata $P < 0,05$. Pergerakan konsentrasi serum LH pada awal perlakuan relatif serupa dengan perlakuan hEA, yaitu dimulai pada minggu ke-2 dengan konsentrasi $0,03 \text{ ng mL}^{-1}$ setelah penyuntikan hormon dan perlahan meningkat sampai minggu ke-6 $0,08 \text{ ng mL}^{-1}$. Peningkatan tinggi terjadi pada minggu ke-8 dengan konsentrasi $0,20 \text{ ng mL}^{-1}$ dan terus meningkat sampai minggu ke-10 dengan konsentrasi $0,39 \text{ ng mL}^{-1}$. Tingginya serum LH berimplikasi pada peningkatan perkembangan gonad dan dengan adanya MT mengarah pada penjantanan. Hormon LH berperan merangsang Leydig sel untuk menghasilkan hormon testosteron. Testosteron aktif merangsang sel-sel sertoli sebagai mediator pertumbuhan gonad. Studi yang dilakukan pada berbagai jenis ikan teleost menunjukkan bahwa LH turut berperan aktif merangsang sel-sel folikel (Nagahama & Yamashita 2008). Anti dopamin juga memiliki peran penting pada kon-

trol pelepasan LH dan perkembangan gonad pada banyak yuwana ikan teleost (Weltzien *et al.* 2009, Yaron & Levavi-Sivan 2011). Meskipun peran FSH sangat kecil pada perkembangan gonad sidat, secara umum Lubzens & Cerda (2010) berpendapat bahwa FSH, LH, dan E2 masing-masing berperan sangat penting selama fase perkembangan gonad hingga pematangan dan ovulasi.

Meningkatnya aktifitas biologis tubuh, selalu diimbangi dengan meningkatnya kadar glukosa darah. Gambar 2 menampilkan variasi rata-rata kadar glukosa darah sidat tiap perlakuan. Kadar glukosa darah sidat pada perlakuan F dan A memiliki pola yang serupa yaitu adanya peningkatan yang relatif kecil dan berfluktuasi. Pada perlakuan EA kadar glukosa darah meningkat hingga minggu ke-4, kemudian mengalami penurunan hingga minggu ke-10. Kadar glukosa darah yang lebih tinggi dan terus mengalami peningkatan terlihat pada perlakuan MTA, hEA, dan hMTA. Nilai tengah kadar glukosa darah sidat terendah terdapat pada kontrol 47,55 mg dL⁻¹, sedangkan tertinggi pada perlakuan hMTA 67,33 mg dL⁻¹.

Variasi nilai tengah kadar glukosa darah sidat terhadap ragam perlakuan membentuk pola persamaan garis polinomial. Pola gambar menunjukkan bahwa terdapat keragaman tinggi dari pengaruh perlakuan hormon (X) terhadap variasi nilai tengah kadar glukosa darah (Y) 1,8952 mg dL⁻¹. Nilai determinasi di atas 50% menunjukkan bahwa garis dugaan dari percobaan yang dilakukan mendekati kondisi sebenarnya sebesar 75,75%. Kadar glukosa darah sidat masih pada batas normal. Penelitian yang dilakukan terhadap ikan *cyprinid* menunjukkan bahwa kadar glukosa normal berkisar antara 40–90 mg dL⁻¹ (Patriche, 2009) dan 40–80 mg dL⁻¹ pada ikan zebra, *Danio rerio* (Eames *et al.* 2010).

Glukosa merupakan sumber energi penting untuk metabolisme sel, termasuk sel-sel otak dan gonad. Selama proses pertumbuhan dan pematangan gonad, otak memegang peranan penting dalam menerima sinyal eksternal dan meneruskannya ke organ target dalam bentuk neurotransmitter maupun neurohormon, dan proses ini memerlukan energi yang bersumber dari glukosa. Meningkatnya aktifitas biologis tubuh, diimbangi dengan meningkatnya pasokan glukosa. Sampai batas tertentu, tingginya metabolisme dapat meningkatkan kadar glukosa darah (Martinez-Porchas *et al.* 2009, Volkoff *et al.* 2009). Ikan sidat yang telah memulai proses ruaya pemijahan, sebagian besar energinya disimpan untuk proses perkembangan gonad; sedangkan sisanya yaitu sekitar 40% digunakan selama menempuh perjalanan menuju lokasi pemijahan (Van Ginneken & van den Thillart 2000 in Van Ginneken *et al.* 2007b).

Meningkatnya aktifitas sel-sel otak menyintesis dan menyekresikan hormon FSH dan LH serta sintesis estradiol di gonad membutuhkan sejumlah energi yang berasal dari glukosa. Indikasi ini tergambar dari meningkatnya kadar glukosa darah pada perlakuan hMTA yang diikuti oleh meningkatnya konsentrasi hormon. Keseimbangan pemanfaatan energi untuk proses reproduksi dan menunjang aktifitas tubuh lainnya diatur oleh insulin dan glukagon, sedangkan metabolismenya melalui proses glikogenolisis dan glukoneogenesis (Aronof *et al.* 2004, Volkoff *et al.* 2009, Tubio *et al.* 2010).

Sidat merupakan ikan karnivora sehingga sumber glukosa sebagian besar berasal dari bahan selain karbohidrat. Melalui proses glukoneogenesis substrat seperti asam amino dan gliserol dapat disintesis menjadi glukosa. Insulin disekresikan sebagai respons terhadap meningkatnya kadar glukosa darah dan merangsang hati menyim-

pan glukosa sebagai cadangan dalam bentuk glikogen dan lebih mudah digunakan oleh jaringan yang membutuhkan. Turunnya kadar glukosa darah merupakan sinyal untuk menyintesis dan menyekresikan glukagon. Dengan demikian mekanisme produksi glukosa melalui proses glikogenolisis maupun glukoneogenesis di hati meningkat dan membebaskan glukosa ke dalam darah yang siap digunakan oleh otak untuk menghasilkan FSH dan LH serta gonad untuk menyintesis dan menyekresikan estradiol.

Parameter kualitas air yang diukur selama masa penelitian diantaranya suhu, salinitas, pH, dan oksigen terlarut. Pengukuran dilakukan setiap dua hari sekali dengan fluktuasi kualitas air selama penelitian tercatat dalam kisaran normal, suhu 26–28°C, salinitas 35–37 mg L⁻¹, pH 7,6–7,7, dan oksigen terlarut 6,2–7,3 mg L⁻¹. Salinitas sengaja dikondisikan sedikit lebih tinggi daripada kisaran hidup sidat secara alamiah, yaitu 30–33 mg L⁻¹. Pengkondisian salinitas di atas kisaran normal hidup sidat ternyata mampu memberikan pengaruh terhadap perkembangan gonad *A. bicolor bicolor*. Kondisi ini telah diterapkan pada sidat Eropa *A. anguilla* selama spermatogenesis dengan rangsangan hormon pada salinitas 35–36 mg L⁻¹ (Tomkiewicz *et al.* 2011, Butts *et al.* 2014) sedangkan *A. dieffenbachii* pada salinitas 29–33 mg L⁻¹ (Lokman *et al.* 2001).

Simpulan

Perlakuan hormon MTA, hEA dan hMTA mampu meningkatkan konsentrasi FSH, LH dan E2 selama fase perkembangan gonad sidat. Profil FSH meningkat diawal fase perkembangan gonad sampai puncaknya pada minggu ke-4 perlakuan, kemudian turun secara perlahan. Profil LH meningkat secara bertahap mulai dari minggu ke-2 hingga minggu ke-10 yang diikuti pula oleh peningkatan E2. Kadar glukosa darah sidat terpan-

tau masih dalam kisaran normal. Di antara semua perlakuan, hMTA memiliki kinerja terbaik terhadap peningkatan profil FSH, LH dan E2 selama fase perkembangan gonad sidat.

Persantunan

Terimakasih penulis sampaikan kepada kepada Balai Layanan Usaha Pengembangan Perikanan Budidaya (BLUPPB) Karawang atas bantuan menyediakan ikan sidat. Sebagian pembiayaan dalam penelitian ini diperoleh dari program BPPS 2011 Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia.

Daftar pustaka

- Aarestrup K, Thorstad EB, Koed A, Svendsen JC, Jepsen N, Pedersen MI, Økland F. 2010. Survival and progression rates of large European silver eel *Anguilla anguilla* in late freshwater and early marine phases. *Aquatic Biology*, 9(1): 263–270.
- Aronoff SL, Berkowitz K, Shreiner B, Want L. 2004. Glucose metabolism and regulation: beyond insulin and glucagon. *Diabetes Spectrum*; 17, 3; pg. 183.
- Aroua S, Maugars G, Jeng SR, Chang CF, Weltzien FA, Rousseau K, Dufour S. 2012. Pituitary gonadotropins FSH and LH are oppositely regulated by the activin/follistatin system in a basal teleost, the eel. *General and Comparative Endocrinology*, 175(1): 82–91.
- Bartoňková J, Hyršl P, Vojtek L. 2016. Glucose determination in fish plasma by two different moderate methods. *Acta Veterinária Brno*. 85(1): 349–353.
- Butts IAE, Sørensen SR, Politis SN, Pitcher TE, Tomkiewicz J. 2014. Standardization of fertilization protocols for the European eel, *Anguilla anguilla*. *Aquaculture*. 426–427: 9–13.
- Cerda-Reverter JM, Canosa LF. 2009. Neuroendocrine System of the Fish Brain. In: Bernier NJ, Farrell AP, van der Krak G, Brauner CJ. (Eds.). *Fish Physiology*, 28: *Fish Neuroendocrinology*. Academic Press, London (UK). pp. 3–74.

- Eames SC, Philipson LH, Prince VE, Kinkel MD. 2010. Blood sugar measurement in zebrafish reveals dynamics of glucose homeostasis. *Zebrafish*, 7(2): 205–213.
- Fahmi MR, Solihin DD, Soewardi K, Pouyaud L, Shao Z, Berrebi P. 2013. A novel semi-multiplex PCR assay for identification of tropical eels of genus *Anguilla* in Indonesia waters. *Fisheries Science*. 79(2): 185–191
- Inoue JG, Miya M, Miller MJ, Sado T, Hanel R, Hatooka K, Aoyama J, Minegishi Y, Nishida M, Tsukamoto K. 2010. Deep-ocean origin of freshwater eels. *Biology Letters*, 6(3): 363–366.
- Ishihara M, Abe T, Kazeto Y, Ijiri S, Adachi S. 2011. Effects of gonadotropic hormone on the acquisition of ovulatory competence in Japanese eel *Anguilla japonica* and baster sturgeon (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*). *Indian Journal Science Technology*. Proceedings of 9th International Symposium on Reproductive Physiology of Fish, Cochin, India, 4(S8): 223–224.
- Kalujnaia S, McWilliam IS, Zaguinaiko VA, Feilen AL, Nicholson J, Hazon N, Cutler CP, Balment RJ, Cossins AR, Hughes M, Cramb G. 2007. Salinity adaptation and gene profiling analysis in the European eel (*Anguilla anguilla*) using microarray technology. *General and Comparative Endocrinology*, 152(1): 274–280
- Kasuga Y, Adachi J, Nishi A, Hashimoto H, Kaji S, Horiuchi Y, Kagawa H. 2008. Induction of sexual maturation of male Japanese eel (*Anguilla japonica*) by continuous administration of various hormones using osmotic pump. *Cybiurn*, 32(2) suppl.: pg. 171.
- Lokman PM, Wass RT, Sutter HC, Scott SG, Judge KF, Young G. 2001. Changes steroid hormone profiles and ovarian histology during salmon pituitary-induced vitellogenesis and ovulation in female New Zealand longfinned eels, *Anguilla dieffenbachia* Gray. *Journal of Experimental Zoology*. 289(1): 119–129.
- Lubzens E, Cerda J. 2010. Oogenesis in teleost: how fish eggs are formed. *General and Comparative Endocrinology*, 10(3): 367–389.
- Miura C, Miura T. 2011. Analysis of spermatogenesis using an eel model. *Aqua-Bio Science Monographs* (ABSM), 4(4): 105–129.
- Martínez-Porchas M, Martínez-Córdova LR, Ramos-Enriquez R. 2009. Cortisol and glucose: reliable indicators of fish stress? *Pan-American Journal of Aquatic Science*. 4(2): 158–178.
- Nagahama Y, Yamashita M. 2008. Regulation of oocyte maturation in fish. Review. *Development Growth Differentiation*. 50 S: 159 – 218.
- Patriche T. 2009. The importance of glucose determination in the blood of the cyprinids. *Zootehnie si Biotehnologii*, 42(2): 102–106.
- Piferrer F, Blázquez. 2006. Aromatase distribution and regulation in fish. Review *Fish Physiology and Biochemistry* 31(2): 215–226.
- Sudo R, Suetake H, Suzuki Y, Utoh T, Tanaka S, Aoyama J, Tsukamoto K. 2011. Dynamics of reproductive hormones during downstream migration in females of the Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Zoological Science*, 25(1): 180–188.
- Suetake H, Okubo K, Yoshiura Y, Aida K. 2003. GTH and GnRH molecules and their expression in the Japanese eel. In: Aida K, Tsukamoto K, Yamauchi K. (Eds.). *Eel Biology*. Springer-Verlag Tokyo. pp. 351–372.
- Tomkiewicz J, Kofoed TMN, Pedersen JS. 2011. Assessment of testis development during induced spermatogenesis in the European eel *Anguilla anguilla* marine and coastal fisheries: dynamics, management, and ecosystem. *Science*, 3(1): 106–118.
- Tsai Ya-Ju, Lee Mong-Fong, Chen Chia-Yung, Chang Ching-Fong. 2011. Development of gonadal tissue and aromatase function in the protogynous orange-spotted grouper *Epinephelus coioides*. *Zoological Studies*, 50(6): 693–704.
- Tubio RIC, Pérez-Maceira J, Aldegunde M. 2010. Homeostasis of glucose in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum): the role of serotonin. *The Journal of Experimental Biology*. 213(1): 1813–1821.
- Uno T, Ishizuka M, Itakura T. 2012. Cytochrome P450 (CYP) in Fish. Review. *Environ-*

- mental Toxicology and Pharmacology*, 34(1): 1–13.
- Van Ginneken V, Dufour S, Sbahi M, Balm P, Noorlander K, de Bakker M, Doornbos J, Palstra A, Antonissen E, Mayer I, van den Thillart G. 2007. Does a 5500-km swim trial stimulate early sexual maturation in the European eel (*Anguilla anguilla* L.)?. *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part A, 147: 1095–1103.
- Van Ginneken V, Durif C, Dufour S, Sbahi M, Boot R, Noorlander K, Doornbos J, Murk AJ, Van Den Thillart G. 2007a. Endocrine profiles during silvering of the European eel (*Anguilla anguilla* L.) living in salt-water. *Animal Biology*, 57(4): 453–465.
- Van Ginneken V, Durif C, Balm SP, Boot R, Verstegen MWA, Antonissen E, Van den Thillart G. 2007b. Silvering of European eel (*Anguilla anguilla*): seasonal changes of morphological and metabolic parameters. *Animal Biology*, 57(1): 63–77.
- Volkoff H, Unniappan S, Kelly SP. 2009. The endocrine regulation of food intake. In: Bernier NJ, Farrell AP, van der Krak G, Brauner CJ. (Eds.). *Fish Physiology*, 28: *Fish Neuroendocrinology*. Academic Press, London (UK). pp 421–465.
- Weltzien F-A, Sébert M-E, Vidal B, Pasqualini C, Dufour S. 2009. Dopamine inhibition of eel reproduction. In: van den Thillart G, Dufour S, Rankin JC. (Eds.). *Spawning migration of the European eel*. Springer Science, London (UK). pp. 279–307.
- Yaron Z, Levavi-Sivan B. 2011. Endocrine regulation of fish reproduction. *Encyclopedia of fish physiology: From genome to environment*, Vol. 2: 1500–1508.

Polikromatik, dimorfisme seksual, dan redeskripsi spesies ikan *red devil*, *Amphilophus amarillo* [Stauffer & McKaye, 2002] di Waduk Sermo Yogyakarta

[Polychromatic, sexual dimorphism and redescription species of red devil *Amphilophus Amarillo* [Stauffer & McKaye, 2002] in Sermo Reservoir, Yogyakarta]

Sitty Ainsyah Habibie✉, Djumanto dan Murwantoko

Departemen Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada
Jl. Flora No. 1 Bulaksumur, Yogyakarta 55281

Diterima: 19 September 2017; Disetujui: 27 Februari 2018

Abstrak

Red devil telah banyak diteliti karena variasi morfometrik dan kromatofora yang sangat tinggi, termasuk di dalamnya fenomena polikromatisme dan trofik polimorfisme. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati polikromatik dan dimorfisme seksual serta mengidentifikasi spesies *red devil* di perairan Waduk Sermo Yogyakarta. Contoh ikan sebanyak 240 ekor diambil dari hasil tangkapan nelayan selama bulan November 2016-September 2017 dengan menggunakan jaring insang, jala dan pancing. Selanjutnya contoh ikan dikelompokkan berdasarkan warna dan jenis kelamin, yaitu kelompok *red devil* merah, *red devil* hitam, dan *red devil* merah kehitaman. Data karakter morfometrik sebanyak 21 unit diukur pada setiap contoh ikan, sedangkan contoh DNA diambil dari jaringan insang pada masing-masing kelompok ikan sebanyak dua ekor. Data karakter morfometrik dianalisis pembedanya, sedangkan DNA dianalisis dengan BLAST (*Basic Local Alignment Search Tools*) dari NCBI. Hasil analisis komponen utama dan fungsi diskriminan menunjukkan ketiga kelompok ikan dapat dibedakan berdasarkan karakter yang berada di sekitar kepala. Uji t terhadap karakter morfometrik jantan dan betina pada masing-masing kelompok ikan menunjukkan fenomena dimorfisme seksual. Diagram kanonikal dan dendrogram konsisten mengelompokkan ketiga kelompok ikan tersebut sebagai spesies yang sama, namun terpisah berdasarkan jenis kelamin sehingga sangat nyata terjadi dimorfisme. Hasil sekuensing mitokondria DNA *control region* menunjukkan seluruh kelompok ikan *red devil* yang ditemukan di Waduk Sermo merupakan spesies *Amphilophus amarillo*.

Kata penting: Dimorfisme seksual, mtDNA CR, *red devil*, Waduk Sermo

Abstract

Red devil has been extensively researched due to extremely high morphometric and chromatophore variations, including the phenomena of polychromatic and trophic polymorphism. The purpose of this study was to identify and observe the phenomenon of sex dimorphism that occurs in polychromatic red devil species which caught in Sermo Reservoir. Fish sample as much as 240 individual was collected from fishermen catch during November 2016-September 2017 by using gill nets, cest nets, and fishing rods. Subsequently, the fish sample was grouped based on color and sex, the namely group of red devil red, red devil black, and red devil reddish black. The morphometric character data of 21 units were measured in each fish sample, whereas the DNA samples were taken from the gill tissue on each species of two individuals. The morphometric character data was analyzed for discriminant distance, while DNA was analyzed by BLAST (*Basic Local Alignment Search Tools*) from NCBI. The result of the principal component analysis and discriminant function showed the three group of fish can be distinguished by the characters around the head. The T-test of male and female morphometric characters in each fish group showed the phenomenon of sex dimorphism. Canonical and dendrogram diagrams consistently classify the three group of fish as the same species but are segregated by sex so that significantly dimorphism occurs. The mitochondrial sequencing results of the DNA control region show that among the red devil fish group found in the Sermo Reservoir is a species of *A. amarillo*.

Keywords: mtDNA CR, red devil, Sermo Reservoir, sex dimorphism

Pendahuluan

Ikan siklid (*cichlid*=bangsa nila), dalam perdagangan internasional dikenal sebagai

Nile Tilapia, merupakan spesies yang sering dijadikan sebagai model sistem evolusi biologis pada beberapa dasawarsa terakhir, khususnya terkait spesiasi spesies (Barluenga *et al.* 2006). Ikan siklid memiliki keragaman dan evolusi tertinggi bila dibandingkan dengan vertebrata

✉ Penulis korespondensi
Alamat surel: ainsyahhabibie@gmail.com

lainnya, bahkan dengan jenis-jenis ikan lainnya yang tinggal pada lingkungan yang sama. Hal tersebut diyakini karena pengaruh tingkah laku dan karakter morfologis ikan siklid seperti pengasuhan anak, seleksi jenis kelamin, desain fungsional, serta fenotipik dan polimorfisme yang mendukung terjadinya spesiasi (Stiassny & Meyer 1999, Salzburger 2009).

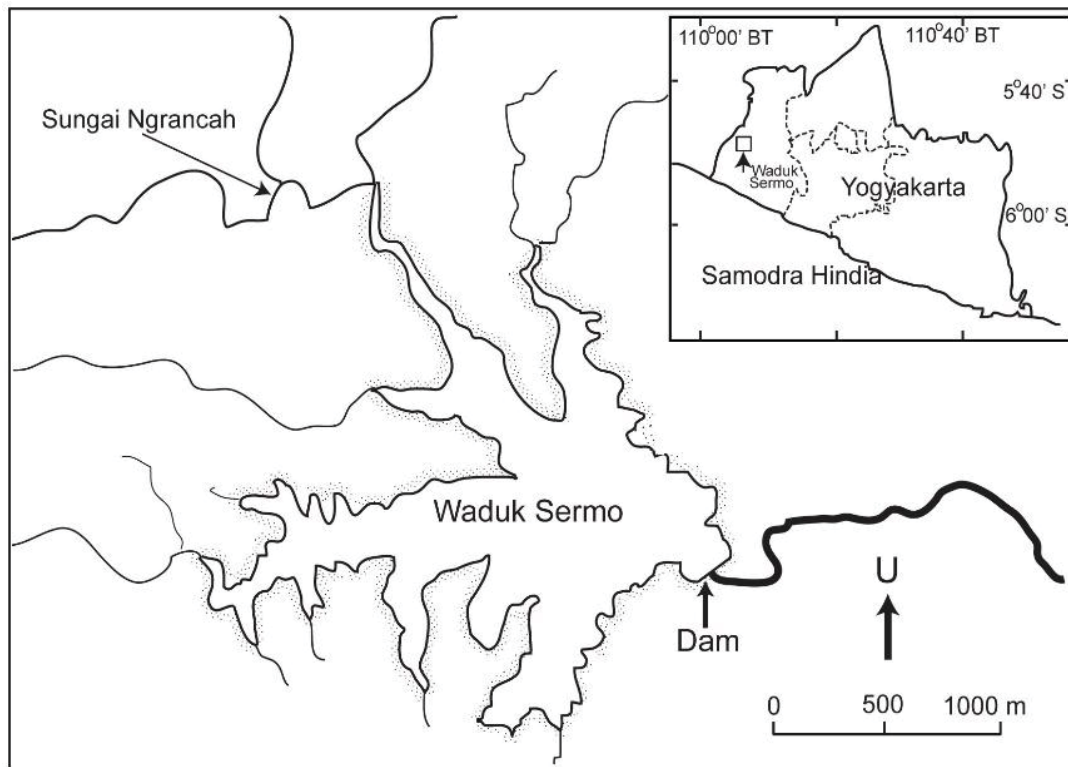
Ikan siklid genus *Amphilophus* di Indonesia dikenal dengan sebutan *red devil* dan secara global dikenal sebagai *midas cichlid*. Ikan *red devil* merupakan spesies asli di beberapa perairan tawar di Afrika dan Amerika. Setiap danau memiliki beberapa spesies *red devil* asli dengan variasi morfologi, warna, tingkah laku, dan ekologi yang cukup tinggi (Barlow 1973, 1976, Elmer *et al.* 2010, McKaye 1980, McKaye *et al.* 2002, Stauffer *et al.* 2008). Spesiasi *red devil* telah banyak diteliti karena variasinya yang sangat tinggi baik dalam satu spesies yang sama maupun antarspesies, termasuk di dalamnya fenomena polikromatisme dan trofik polimorfisme (Barlow & Munsey 1976, Barlow 1983, McKaye *et al.* 2002, Stauffer Jr. & McKaye 2002, Barluenga & Meyer 2004, Barluenga *et al.* 2006; Stauffer Jr. *et al.* 2008, Geiger *et al.* 2010, Barluenga & Meyer 2010, Kratochwil *et al.* 2015). Pigmentasi atau warna tubuh menjadi isu menarik yang banyak diteliti saat ini dalam keterkaitannya dengan spesiasi spesies. Secara umum, warna tubuh *red devil* dapat dibedakan menjadi dua yakni “normal” dan “gold”. Individu “normal” memiliki warna tubuh abu-abu hingga hitam, merupakan warna yang umum ditemui pada ikan, sedangkan individu “gold” memiliki warna tubuh jingga hingga merah (Barlow 1983, Dickman *et al.* 1988, Lin *et al.* 2010, Henning *et al.* 2013).

Seleksi seksual dianggap memegang peranan penting terhadap spesiasi dan radiasi adaptif pada ikan siklid (Seehausen & Van Alphen

1998). Sebagian besar ikan nila menunjukkan fenomena dimorfisme seksual (Kullander 2003). Dimorfisme seksual dapat terjadi karena beberapa faktor seperti relung setiap jenis kelamin, seleksi alam, peran reproduksi yang berbeda dan kompetisi intraseksual yang dapat mendorong perbedaan struktur seksual secara eksternal (Kitano *et al.* 2007). Fenomena polikromatisme dan dimorfisme seks berdasarkan karakter morfometrik menjadi isu menarik dalam penelitian ini. Identifikasi molekuler dilakukan untuk mengonfirmasi identifikasi secara morfologi. Identifikasi molekuler yang digunakan adalah identifikasi menggunakan DNA Mitokondria dengan target sekuensing (*sequencing*) yakni mitokondria DNA *Control Region* (mtDNA CR). Mitokondria DNA *Control Region* (mtDNA CR) merupakan bagian dari mitokondria DNA yang paling variatif dan berevolusi tiga sampai lima kali lebih cepat dibandingkan dengan bagian lainnya pada mitokondria DNA sehingga dipandang sebagai penanda terbaik yang digunakan dalam identifikasi spesies (Wu & Yang 2012). Tujuan penelitian ini adalah mengamati polikromatik dan dimorfisme seksual, serta mengidentifikasi ikan *red devil* di Waduk Sermo Yogyakarta.

Bahan dan metode

Sampel ikan *red devil* diperoleh dari hasil tangkapan nelayan di Waduk Sermo Yogyakarta (Gambar 1) pada bulan November 2016-September 2017. Ikan ditangkap menggunakan alat tangkap jaring insang, jala, dan pancing. Sampel ikan *red devil* jantan sangat sulit tertangkap, sehingga untuk mendapatkan jumlah sampel yang cukup dibutuhkan waktu yang cukup lama dengan berbagai alat tangkap. Ikan yang tertangkap kemudian dipisahkan berdasarkan warna tubuh dan jenis kelaminnya. Jenis kelamin dibedakan



Gambar 1. Peta Waduk Sermo tempat pengambilan sampel ikan *red devil*

berdasarkan keberadaan testes dan ovarium. Sampel untuk pengamatan karakter morfometrik pada setiap warna tubuh dan jenis kelamin masing-masing sebanyak 40 ekor. Sampel untuk analisis molekuler setiap warna tubuh dan jenis kelamin sejumlah dua ekor, dilakukan dengan mengoleksi DNA dari jaringan insang, kemudian disimpan di dalam alkohol 70%.

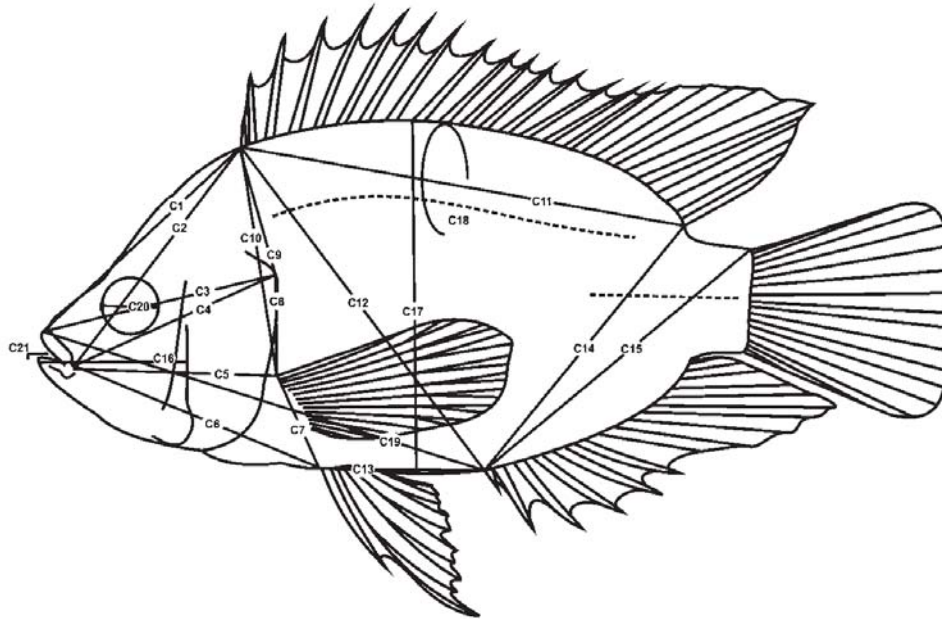
Pengukuran karakter morfometrik

Setiap sampel ikan dikelompokkan dan diukur karakter morfometriknya mengikuti pola *truss morphometrics*. Teknik *truss morphometrics* dapat mengidentifikasi kemungkinan terjadinya perbedaan morfologi organisme yang

mempunyai hubungan kekerabatan dekat, baik antarspesies maupun intraspesies, termasuk perbedaan antara ikan jantan dan betina (Turan *et al.* 2004). Karakter morfometrik yang dimodifikasi dari Barriga-Sosa *et al.* (2004) diukur sebanyak 21 karakter (Gambar 2 dan Tabel 1). Setiap data karakter morfometrik yang diukur kemudian dibakukan untuk mencegah terjadinya bias data mengikuti rumus alometrik menurut Elliott *et al.* (1995) sebagai berikut:

$$M_{adj} = M (L_s/L_0)^b$$

Keterangan: M= data morfometrik terukur, M_{adj} = data morfometrik terbakukan, L_0 = panjang total ikan, dan L_s = rata-rata panjang total. Parameter b merupakan kemiringan kurva linear log M terhadap log L_0 seluruh data.



Gambar 2. Karakter morfometrik yang diukur pada setiap sampel ikan *red devil* (modifikasi Barriga-Sosa *et al.* 2004). Keterangan gambar disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakter morfometrik ikan *red devil* (modifikasi Barriga-Sosa *et al.* 2004)

Kode No	Karakter Morfometrik	Keterangan
C1	<i>Premaxilla-dorsal spine</i> (PMDS)	Jarak dari ujung bagian depan rahang dengan sirip punggung
C2	<i>Maxilla-dorsal spine</i> (MDS)	Jarak dari bagian akhir rahang dengan sirip punggung
C3	<i>Head length</i> (HL)	Jarak dari ujung bagian depan rahang atas dengan tutup insang
C4	<i>Maxilla-opercula</i> (MO)	Jarak dari bagian akhir rahang dengan tutup insang
C5	<i>Maxilla-pectoral fin</i> (MPF)	Jarak dari bagian akhir rahang dengan sirip dada
C6	<i>Maxilla-pelvic fin</i> (MPV)	Jarak dari bagian akhir rahang dengan baris pertama sirip perut
C7	<i>Pectoral fin-pelvic fin</i> (PCPV)	Jarak dari sirip dada dengan sirip perut
C8	<i>Pectoral fin-opercula</i> (PFO)	Jarak dari sirip dada dengan tutup insang
C9	<i>Opercula-dorsal spine</i> (ODS)	Jarak dari tutup insang dengan baris pertama sirip punggung
C10	<i>Pectoral fin-dorsal spine</i> (PFDS)	Jarak dari sirip dada dengan baris pertama sirip punggung
C11	<i>Dorsal spine-dorsal ray</i> (DSR)	Jarak dari baris pertama dengan baris terakhir sirip punggung
C12	<i>Dorsal spine-anal spine</i> (DSAS)	Jarak dari baris pertama sirip punggung dengan baris pertama sirip anal
C13	<i>Pelvic fin-anal spine</i> (PSAS)	Jarak dari baris pertama sirip perut bagian anterior dengan baris pertama sirip anal
C14	<i>Dorsal ray-anal spine</i> (DRAS)	Jarak dari baris terakhir sirip punggung dengan baris pertama sirip anal
C15	<i>Anal spine-top caudal peduncle</i> (ASTC)	Jarak dari sirip anal dengan pangkal sirip ekor bagian atas
C16	<i>Premaxilla-pre-opercula</i> (PMPO)	Jarak dari ujung bagian depan rahang dengan tutup insang depan
C17	<i>Body depth</i> (BD)	Tinggi badan
C18	<i>Body width</i> (BW)	Lingkar badan
C19	<i>Premaxilla-anal spine</i> (PMAS)	Jarak dari ujung bagian depan rahang dengan baris pertama sirip anal
C20	<i>Eye diameter</i> (ED)	Diameter mata
C21	<i>Length of the mandible</i> (LMD)	Panjang mandibula

Identifikasi molekuler

Isolasi DNA terhadap jaringan insang dilakukan menggunakan *Genomic DNA Mini Kit Tissue Protocol* (Geneaid). Target penanda genetik yang dianalisis adalah mtDNA CR (mitokondria DNA *control region*) (~450 bp). Metode Amplifikasi mitokondria DNA *control region* mengacu pada Wu & Yang (2012); Gu et al. (2016) yakni dengan menggunakan pasangan primer ORMT-F, 5'-CTAACTCCCAAAGCTAG GAATTCT-3' dan ORMT-R, 5'-CTTATGCAAGCG TCGATGAAA-3'. Penggandaan fragmen (*Polymerase Chain Reaction*, PCR) dilakukan pada kondisi predenaturasi (94° C selama 3 menit), denaturasi (94°C selama 30 detik), penempelan primer (54°C selama 40 detik), elongasi (72°C selama 40 detik), dan elongasi akhir (72°C selama 10 menit) untuk meyakinkan proses elongasi berjalan sempurna. Proses PCR ini berlangsung selama 35 siklus. Setelah itu, produk PCR dielektroforesis pada *gel agarose* 1,5% dalam 1xTBE *buffer* untuk memastikan panjang fragmen target penanda genetik yang diinginkan telah teramplifikasi dengan baik. Kemudian, sampel gen disekuensing di Laboratorium 1st Base Malaysia melalui PT Genetika Science Indonesia.

Analisis data

Data karakter morfometrik jantan-betina yang telah dibakukan, kemudian dilakukan uji-t untuk mengetahui apakah kedua kelompok data bersumber dari populasi yang sama atau berbeda. Hasil uji-t menjadi asumsi jumlah kelompok secara keseluruhan. Selanjutnya, data karakter morfometrik seluruh sampel dianalisis menggunakan piranti lunak IBM SPSS versi 20 mencakup Analisis Komponen Utama, Analisis Fungsi Diskriminan, dan Analisis Klaster.

Urutan nukleotida hasil sekuensing DNA dilakukan CONTIG dengan menggunakan piranti lunak BioEdit. Data hasil peninjauan yang diperoleh kemudian dicocokkan dengan data yang tersedia pada GenBank di NCBI (*National Center for Biotechnology Information*) dengan menggunakan BLAST (*Basic Local Alignment Search Tool*). Hasil BLAST NCBI masing-masing sampel disajikan dalam bentuk tabel. Pohon filogenetik disusun dengan menjajarkan sekuen DNA spesies *red devil* yang teridentifikasi dengan beberapa sekuen DNA kelompok *red devil* dari GenBank (*accession number*: AF328853.1, AF328854.1, AY597335.1, GU355726.1, GU355735.1, GU370126.1, HM067614.1, HM183901.1, HM184762.1, HM184892.1, JF784116.1, JF784124.1, JF784144.1, JF784149.1, JX402374.1, JX402378.1, KJ081546.1, KJ562277.1, NC_-15611.1, NC_026918.1). Pohon filogenetik dibuat menggunakan Metode *Maximum Likelihood* dengan 1000 *bootstrap*. Sekuen DNA dan penyusunan pohon filogenetik disejajarkan menggunakan piranti lunak MEGA 6.0.

Hasil

Morfologi spesies red devil

Ikan *red devil* yang ditemukan di perairan Waduk Sermo Daerah Istimewa Yogyakarta secara umum memiliki bentuk tubuh pipih lateral, jarak sirip perut dengan sirip anal saling berdekatan, bentuk sirip ekor membundar dan terdapat nonong di bagian kepalanya. Berdasarkan warna tubuhnya, ikan *red devil* dikelompokkan menjadi tiga kelompok yakni *red devil* merah, *red devil* hitam, dan *red devil* merah kehitaman. Ikan *red devil* merah memiliki warna tubuh merah atau jingga polos, *red devil* hitam memiliki warna tubuh abu-abu atau hitam polos, dan *red devil* merah kehitaman memiliki warna tubuh merah

atau jingga bercampur hitam di beberapa bagian tubuhnya. Perbedaan warna ikan tidak terkait pada jenis kelamin sehingga baik jantan maupun betina ditemukan dalam ketiga fenotip warna tersebut. Kenampakan morfologi luar jantan dan betina masing-masing jenis spesies hampir tidak dapat dibedakan, sehingga pembeda jantan dan betina secara akurat dapat diketahui dengan pengamatan terhadap keberadaan testes dan ovarium pada spesies tersebut melalui pembedahan.

Karakter morfometrik yang diukur pada ketiga kelompok spesies hasil tangkapan sebanyak 21 unit. Ringkasan data hasil pengukuran karakter morfometrik yang sudah dibakukan mengikuti rumus alometrik Elliott *et al.* (1995) disajikan pada Tabel 2. Data panjang total sebelum dibakukan menunjukkan bahwa spesies *red devil* merah yang tertangkap memiliki rata-rata ukuran tubuh yang lebih besar dibandingkan dengan *red devil* hitam dan *red devil* merah kehitaman. Rata-rata panjang total *red devil* merah, *red devil* hitam, dan *red devil* merah kehitaman jantan dan betina secara berurutan adalah 141, 157, 138, 140, 136, dan 154 mm. Kisaran panjang total hasil tangkapan ikan *red devil* merah, *red devil* hitam, dan *red devil* merah kehitaman berurutan adalah 122-193, 105-184, dan 110-190 cm.

Karakter morfometrik spesies *red devil*

Berdasarkan analisis komponen utama 21 karakter morfometrik, didapatkan tiga komponen utama yang dapat menjelaskan 45,42% dari total varian karakter morfometrik spesies ikan *red devil*. Sebesar 20,38% total varian dijelaskan oleh komponen utama pertama (PC 1), sebesar

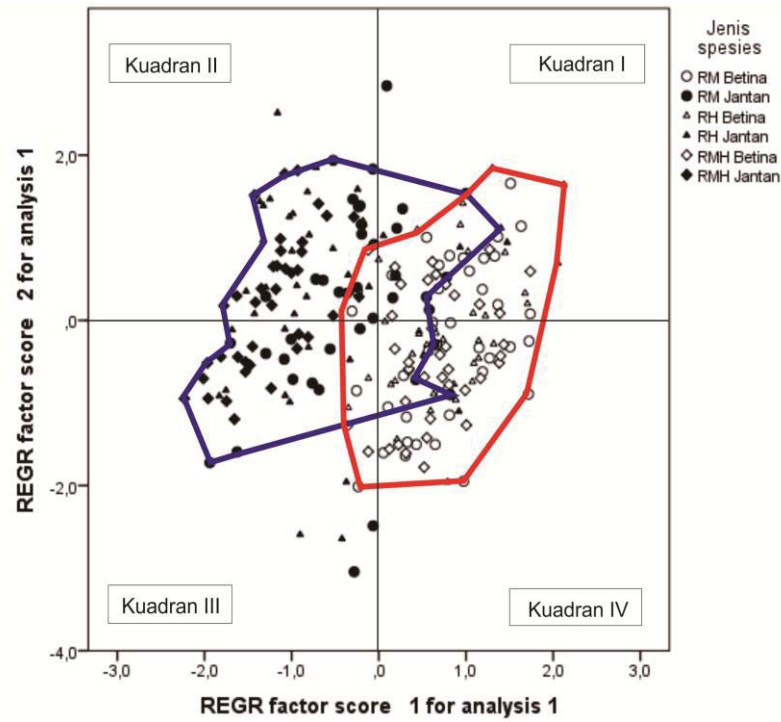
13,78% dijelaskan komponen utama kedua (PC 2), dan sebesar 11,26% dijelaskan komponen utama ketiga (PC 3). Tanda positif pada PC 2 dan PC 3 mencakup karakter morfometrik yang berada di sekitar kepala dan tubuh bagian tengah yakni *premaxilla-dorsal spine*, *maxilla-dorsal spine*, *maxilla-pelvic fin*, *pelvic fin-anal spine*, *premaxilla-anal spine*, dan *eye diameter*. Dengan demikian, berdasarkan hasil analisis komponen utama karakter pembeda antarpopulasi ikan *red devil* dapat ditentukan oleh keenam karakter tersebut. Distribusi nilai PC 1 dengan PC 2, dan PC 1 dengan PC 3 menunjukkan bahwa populasi ikan *red devil* merah, hitam, dan merah kehitaman membentuk kelompok yang terpisah berdasarkan jenis kelaminnya. Sebagian besar populasi betina berada pada kuadran I dan IV, sedangkan populasi jantan berada pada kuadran II dan III (Gambar 3 dan 4).

Kombinasi antar analisis komponen utama dengan analisis diskriminan digunakan untuk membedakan kelompok *red devil* dan mendefinisikan karakter morfometrik yang menjadi pembeda antar populasi. Hasil analisis diskriminan menghasilkan tiga fungsi diskriminan yang masing-masing dapat menjelaskan 81,9%; 6,0% dan 5,7% dari total varian karakter morfometrik. Karakter morfometrik pada fungsi diskriminan 1 menyaring dan semakin memperjelas hasil analisis komponen utama, di mana karakter pembeda antar kelompok populasi *red devil* merupakan karakter yang berada di sekitar kepala. Karakter-karakter pembeda tersebut adalah *pectoral fin-opercula*, *opercula-dorsal spine*, *head length*, *pectoral fin-pelvic fin* dan *maxilla-opercula*.

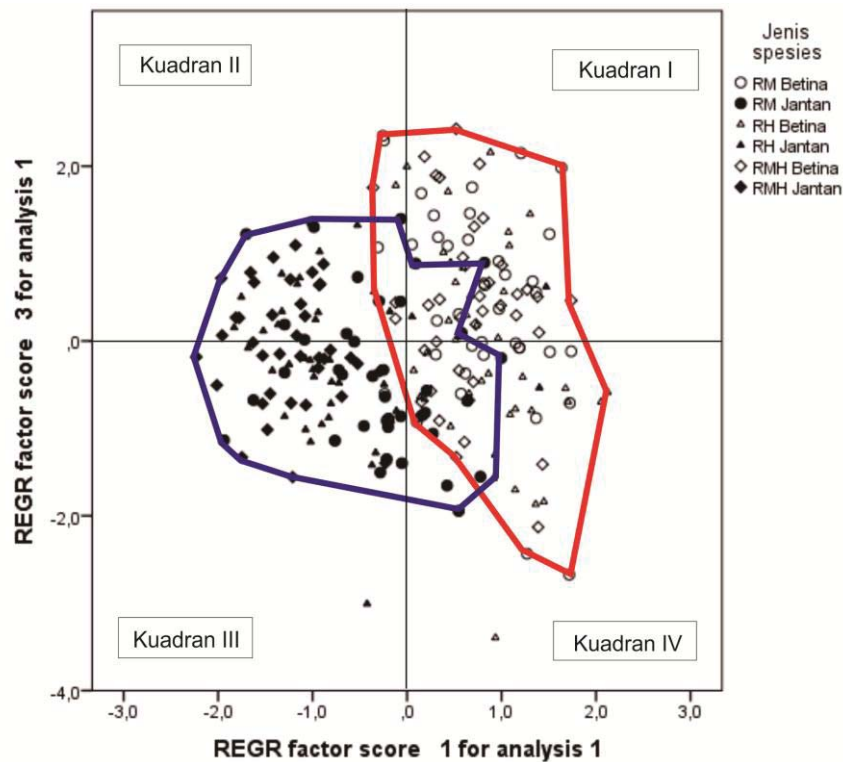
Tabel 2. Data karakter morfometrik ikan *red devil* di waduk sermo

Jarak Truss	Red devil hitam				Red devil merah kehitaman				Red devil merah			
	Betina (N=40)		Jantan (N=40)		Betina (N=40)		Jantan (N=40)		Betina (N=40)		Jantan (N=40)	
	Range (mm)	Mean $\pm$ SD	Range (mm)	Mean $\pm$ SD	Range (mm)	Mean $\pm$ SD	Range (mm)	Mean $\pm$ SD	Range (mm)	Mean $\pm$ SD	Range (mm)	Mean $\pm$ SD
PMDS	45,42-60,68	50,53 $\pm$ 3,10	45,36-53,56	49,43 $\pm$ 1,72	44,90-55,85	48,99 $\pm$ 2,15	45,80-52,23	49,15 $\pm$ 1,64	45,82-57,06	50,50 $\pm$ 2,54	46,20-55,45	50,10 $\pm$ 2,07
MDS	44,80-53,67	48,69 $\pm$ 2,22	43,38-50,45	47,11 $\pm$ 1,62	43,54-53,54	47,83 $\pm$ 2,17	44,51-50,44	47,28 $\pm$ 1,33	42,53-51,45	47,57 $\pm$ 2,28	41,92-52,92	47,74 $\pm$ 2,32
HL	37,85-44,65	40,58 $\pm$ 1,45	40,06-46,66	43,57 $\pm$ 1,73	36,66-44,54	40,57 $\pm$ 1,90	40,89-47,78	44,05 $\pm$ 1,28	37,26-48,78	40,49 $\pm$ 2,02	39,36-47,30	42,95 $\pm$ 1,55
MO	29,35-36,10	33,58 $\pm$ 1,39	31,65-38,22	35,43 $\pm$ 1,60	30,34-38,03	33,82 $\pm$ 1,66	33,34-39,13	36,09 $\pm$ 1,28	29,94-36,87	33,09 $\pm$ 1,63	30,49-38,42	34,86 $\pm$ 1,42
MPF	33,67-41,78	38,37 $\pm$ 1,87	32,71-41,42	38,42 $\pm$ 1,65	34,54-41,24	38,17 $\pm$ 1,26	35,95-43,56	39,19 $\pm$ 1,52	34,85-42,04	38,47 $\pm$ 1,64	35,41-41,78	38,28 $\pm$ 1,41
MPV	36,11-48,67	43,81 $\pm$ 2,28	35,97-46,37	43,08 $\pm$ 2,05	40,75-47,23	44,33 $\pm$ 1,64	40,69-45,36	43,23 $\pm$ 1,29	39,83-47,60	44,51 $\pm$ 1,88	39,31-46,62	43,29 $\pm$ 1,87
PCPF	17,80-24,20	20,93 $\pm$ 1,50	16,28-23,07	18,74 $\pm$ 1,32	18,94-23,27	20,88 $\pm$ 1,13	15,86-19,66	18,13 $\pm$ 0,97	17,80-26,49	21,46 $\pm$ 2,06	17,39-22,97	19,80 $\pm$ 1,31
PFO	16,85-23,60	20,54 $\pm$ 1,39	9,68-20,90	14,51 $\pm$ 2,63	16,99-24,61	20,44 $\pm$ 1,59	9,95-17,22	13,27 $\pm$ 1,62	13,30-22,98	20,05 $\pm$ 1,73	10,16-21,75	15,49 $\pm$ 3,21
ODS	19,91-27,91	24,40 $\pm$ 2,09	21,52-31,60	27,92 $\pm$ 2,76	20,56-25,92	23,35 $\pm$ 1,48	25,91-31,40	28,50 $\pm$ 1,08	20,76-29,08	24,09 $\pm$ 2,03	20,62-30,38	26,47 $\pm$ 2,45
PFDS	22,76-39,35	35,02 $\pm$ 2,70	32,03-40,29	35,81 $\pm$ 1,63	31,48-37,87	34,73 $\pm$ 1,46	33,33-38,00	35,88 $\pm$ 1,21	31,96-39,02	35,18 $\pm$ 1,92	30,48-37,96	34,92 $\pm$ 1,63
DSR	59,10-70,75	66,06 $\pm$ 2,72	62,15-69,66	65,96 $\pm$ 2,03	61,50-71,30	67,29 $\pm$ 2,27	61,54-70,16	65,58 $\pm$ 2,01	60,29-73,59	66,68 $\pm$ 3,09	60,94-71,11	66,76 $\pm$ 2,43
DSAS	62,34-73,39	66,96 $\pm$ 2,55	64,16-71,47	67,33 $\pm$ 1,85	61,44-71,55	67,22 $\pm$ 2,21	61,44-71,30	66,36 $\pm$ 2,13	60,59-74,86	67,15 $\pm$ 2,68	59,83-71,95	67,30 $\pm$ 2,39
PSAS	22,46-31,79	25,99 $\pm$ 2,03	23,03-29,08	25,95 $\pm$ 1,61	22,20-31,44	27,31 $\pm$ 2,13	21,72-28,80	25,24 $\pm$ 1,93	20,14-34,05	27,39 $\pm$ 2,92	21,56-30,79	25,71 $\pm$ 2,04
DRAS	39,65-47,28	43,04 $\pm$ 1,84	38,34-44,95	41,80 $\pm$ 1,34	38,35-46,38	41,72 $\pm$ 1,86	38,77-43,64	41,12 $\pm$ 1,12	39,06-50,78	42,36 $\pm$ 2,12	38,85-45,21	42,23 $\pm$ 1,69
ASTC	44,26-51,54	47,64 $\pm$ 1,64	43,61-49,47	47,13 $\pm$ 1,35	43,47-49,79	46,58 $\pm$ 1,69	44,80-49,48	46,79 $\pm$ 1,09	43,37-50,84	47,26 $\pm$ 1,88	43,98-51,61	47,62 $\pm$ 1,93
PMPO	27,88-32,21	29,97 $\pm$ 0,95	28,24-33,86	30,56 $\pm$ 1,29	27,19-33,05	30,29 $\pm$ 1,28	28,33-37,60	30,51 $\pm$ 1,53	27,53-42,96	31,03 $\pm$ 3,30	25,12-33,62	30,53 $\pm$ 1,40
BD	57,10-68,60	62,04 $\pm$ 2,76	53,79-66,79	59,32 $\pm$ 2,79	56,15-66,61	60,63 $\pm$ 2,49	53,43-62,53	57,69 $\pm$ 2,14	56,83-66,24	60,86 $\pm$ 1,96	50,96-63,02	59,17 $\pm$ 2,64
BW	109,92-133,62	120,44 $\pm$ 6,19	107,64-129,00	118,36 $\pm$ 5,05	112,41-133,13	119,52 $\pm$ 4,32	106,61-138,85	115,84 $\pm$ 5,69	110,88-127,34	119,09 $\pm$ 3,65	101,87-126,18	118,21 $\pm$ 5,28
PMAS	74,43-83,60	80,03 $\pm$ 2,32	72,29-84,85	78,52 $\pm$ 2,80	73,55-85,74	80,27 $\pm$ 2,71	74,63-82,20	78,72 $\pm$ 1,85	74,77-88,83	80,52 $\pm$ 3,15	75,80-83,94	79,22 $\pm$ 2,15
ED	9,24-11,15	10,26 $\pm$ 0,54	9,11-11,44	10,39 $\pm$ 0,52	8,98-12,04	10,39 $\pm$ 0,72	8,73-11,09	10,05 $\pm$ 0,63	8,87-11,86	10,29 $\pm$ 0,57	8,94-11,15	9,96 $\pm$ 0,54
LMD	8,30-13,41	9,75 $\pm$ 0,92	8,56-13,95	10,25 $\pm$ 1,02	8,30-11,72	9,88 $\pm$ 0,87	8,17-12,09	9,74 $\pm$ 0,87	8,05-11,89	9,66 $\pm$ 0,76	8,55-12,83	10,43 $\pm$ 0,92

* Keterangan: Akronim mengacu pada Tabel 1



Gambar 3. Scattergram PC 1 dan PC 2 karakter morfometrik spesies *red devil* di perairan Waduk Sermo. RM= *red devil* merah, RH= *red devil* hitam, RMH= *red devil* merah kehitaman

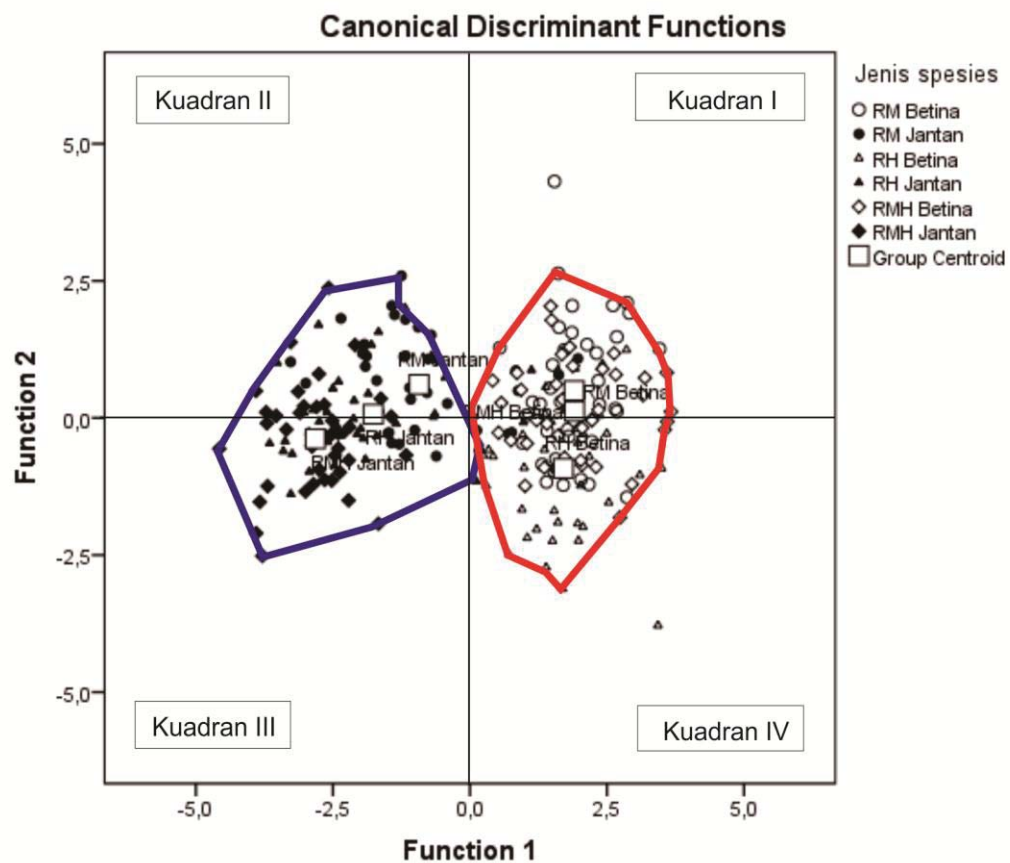


Gambar 4. Scattergram PC 1 dan PC 3 karakter morfometrik spesies *red devil* di perairan Waduk Sermo. RM= *red devil* merah, RH= *red devil* hitam, RMH= *red devil* merah kehitaman

Sebaran nilai koefisien diskriminan disajikan dalam bentuk diagram fungsi pembeda utama (Gambar 5) yang semakin memperjelas pemisahan antar populasi jantan dan betina pada spesies *red devil*. Diagram ini mengisyaratkan bahwa spesies *red devil* yang dikelompokkan berdasarkan warna merupakan satu spesies yang sama, memperkuat hasil karakter morfometrik jantan-betina per spesies dan menegaskan terjadinya dimorfisme seksual pada kelompok spesies ini.

Karakter morfometrik jantan-betina tiap spesies

Hasil pengamatan terhadap 21 karakter morfometrik jantan-betina pada masing-masing kelompok *red devil* menggunakan uji t menunjukkan adanya beberapa karakter morfometrik yang berbeda secara signifikan pada masing-masing kelompok. Karakter morfometrik yang berbeda tersebut kemudian disusun berdasarkan urutan pembeda utama yang diperoleh melalui analisis diskriminan dan disajikan pada Tabel 3.



Gambar 5. Diagram fungsi diskriminan kanonikal spesies *red devil* di perairan Waduk Sermo

Tabel 3 menunjukkan bahwa karakter morfometrik pembeda utama jantan-betina pada ketiga kelompok *red devil* yakni *pectoral fin-opercula*. Enam karakter morfometrik lainnya yang juga menjadi pembeda antar jantan-betina pada semua kelompok yakni *head length*, *maxilla-opercula*, *opercula-dorsal spine*, *pectoral fin-pelvic fin*, dan *body depth*. Karakter pembeda yang hanya ditemukan pada *red devil* merah adalah *eye diameter*, karakter pembeda yang hanya ditemukan pada *red devil* hitam adalah *dorsal ray-anal spine* dan *premaxilla-pre-opercula*, dan karakter pembeda yang hanya ditemukan pada *red devil* merah kehitaman adalah *pectoral fin-dorsal spine*, *dorsal spine-dorsal ray*, dan *maxilla-pectoral fin*.

Selanjutnya, untuk mendukung data morfometrik yang digunakan dalam pembedaan

antar jantan dan betina masing-masing kelompok spesies maka dilakukan perhitungan nisbah pada keenam karakter pembeda utama seperti yang disajikan pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4, rata-rata nisbah *head length* dengan *total length* (HL/TL) dan *opercula-dorsal spine* dengan *body depth* (ODS/BD) pada individu jantan ditemukan lebih besar dibandingkan dengan individu betina. Rata-rata nisbah *maxilla-opercula* dengan *head length* (MO/HL), *eye diameter* dengan *head length* (ED/HL), *pectoral fin-pelvic fin* dengan *body depth* (PCPV/BD), *pectoral fin-opercula* dengan *body depth* (PFO/BD) dan *body depth* dengan *total length* (BD/TL) pada individu jantan ditemukan lebih kecil daripada individu betina.

Tabel 3. Pembeda utama karakter morfometrik tiap kelompok spesies *red devil*

Urutan	<i>Red devil</i> merah	<i>Red devil</i> hitam	<i>Red devil</i> merah kehitaman
1	<i>Pectoral fin-opercula</i>	<i>Pectoral fin-opercula</i>	<i>Pectoral fin-opercula</i>
2	<i>Head length</i>	<i>Head length</i>	<i>Opercula-dorsal spine</i>
3	<i>Maxilla-opercula</i>	<i>Pectoral fin-pelvic fin</i>	<i>Pectoral fin-pelvic fin</i>
4	<i>Opercula-dorsal spine</i>	<i>Opercula-dorsal spine</i>	<i>Head length</i>
5	<i>Pectoral fin-pelvic fin</i>	<i>Maxilla-opercula</i>	<i>Maxilla-opercula</i>
6	<i>Length of the mandible</i>	<i>Body depth</i>	<i>Body depth</i>
7	<i>Body depth</i>	<i>Maxilla-dorsal spine</i>	<i>Pelvic fin-anal spine</i>
8	<i>Pelvic fin-anal spine</i>	<i>Dorsal ray-anal spine</i>	<i>Pectoral fin-dorsal spine</i>
9	<i>Maxilla-pelvic fin</i>	<i>Premaxilla-anal spine</i>	<i>Dorsal spine-dorsal ray</i>
10	<i>Eye diameter</i>	<i>Premaxilla-pre-opercula</i>	<i>Maxilla-pelvic fin</i>
11	<i>Premaxilla-anal spine</i>	<i>Length of the mandible</i>	<i>Maxilla-pectoral fin</i>

Tabel 4. Nisbah rata-rata karakter morfometrik *red devil* di perairan Waduk Sermo

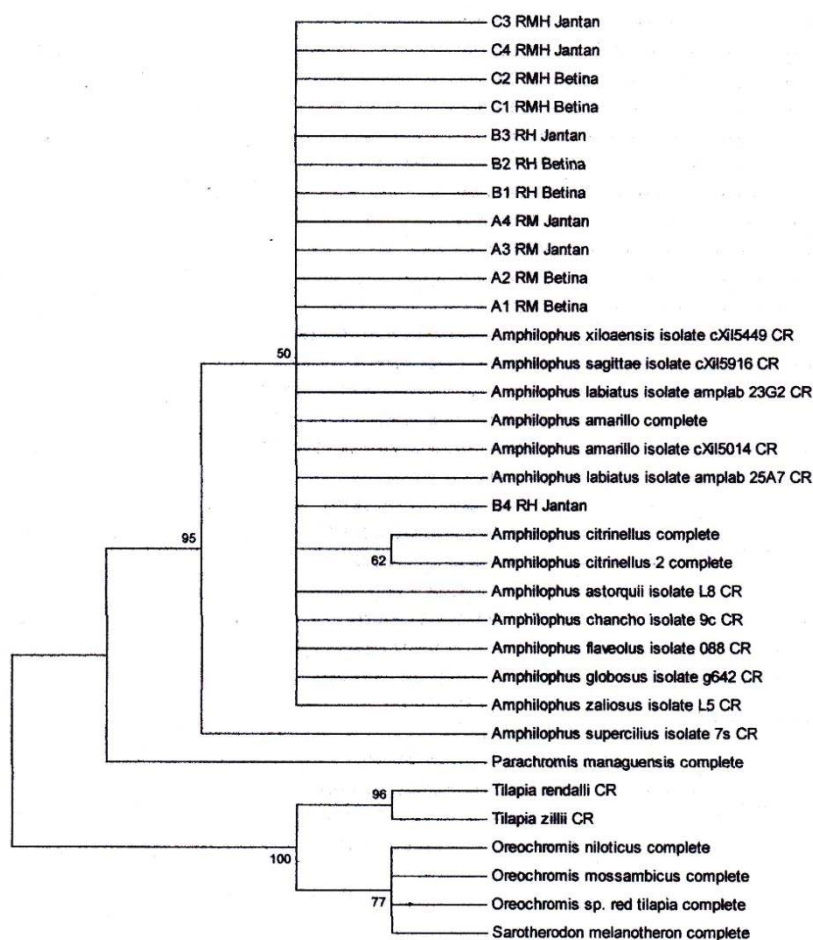
Nisbah karakter morfometrik	<i>Red devil</i> merah		Nisbah rata-rata (%)		<i>Red devil</i> merah kehitaman	
	Jantan	Betina	Jantan	Betina	Jantan	Betina
MO/HL	81	82	81	83	82	83
ED/HL	23	25	24	25	23	26
PCPV/BD	33	35	32	34	31	34
PFO/BD	26	33	24	33	23	34
ODS/BD	45	40	47	39	49	39
HL/TL	29	27	29	27	29	27
BD/TL	40	41	40	42	39	41

* Keterangan: singkatan mengacu pada Tabel 1

Perbedaan nisbah yang cukup jauh antar individu jantan dan betina ditemukan pada nisbah *pectoral fin-opercula* dengan *body depth* (PFO/BD), yaitu *red devil* merah jantan dan betina (26% tinggi badan vs 33% tinggi badan), *red devil* hitam jantan dan betina (24% tinggi badan vs 33% tinggi badan), dan *red devil* merah kehitaman (23% tinggi badan vs 34% tinggi badan). Selain itu, perbedaan nisbah yang cukup jauh antara individu jantan dan betina juga ditemukan pada nisbah jarak tutup insang-baris pertama sirip punggung dengan tinggi badan (C9/C17), yakni *red devil* merah jantan dan betina (45% tinggi badan vs 40% tinggi badan),

red devil hitam jantan dan betina (47% tinggi badan vs 39% tinggi badan), dan *red devil* merah kehitaman (49% tinggi badan vs 39% tinggi badan).

Secara umum, rata-rata panjang total spesies jantan yang tertangkap lebih besar dibandingkan spesies betina pada masing-masing kelompok spesies. Kisaran panjang total betina dan jantan ikan *red devil* merah yakni 113-174 dan 126-193 mm, panjang total betina dan jantan ikan *red devil* hitam 105-170 dan 103-184 mm, dan panjang total betina dan jantan ikan *red devil* merah kehitaman 110-158 dan 121-19 mm.



Gambar 6. Pohon filogenetik spesies *red devil* di perairan Waduk Sermo Yogyakarta menggunakan metode Maximum Likelihood

Identifikasi molekuler spesies red devil

Hasil sekuensing mitokondria DNA *control region* menunjukkan bahwa spesies *red devil* merah, hitam, dan merah kehitaman jantan-betina di perairan Waduk Sermo Yogyakarta memiliki kemiripan tertinggi yakni sebesar 99,80% dengan spesies *Amphilophus amarillo* pada *GenBank* dengan *accession number* KY315559.1. Tingkat kemiripan tertinggi didasarkan pada pasangan basa identik tertinggi. Hasil identifikasi secara molekuler ini semakin memperkuat hasil analisis karakter morfometrik yang mengidentifikasi seluruh kelompok spesies *red devil* berdasarkan warna menjadi satu spesies yang sama. Pohon filogenetik menyebarkan sampel genetik *red devil* dengan kelompok siklid lainnya yang diperoleh dari *Genbank*. Terdapat dua *clade* monopiletik yang terbentuk pada pohon filogenetik (Gambar 6). *Clade* pertama beranggotakan seluruh kelompok genus *Amphilophus* dan spesies *Parachromis managuensis* yang menjelaskan kedua genus ini berasal dari nenek moyang yang sama. Selanjutnya *clade* kedua beranggotakan kelompok *Tilapia*.

Pembahasan

Ikan *red devil* yang tertangkap di perairan Waduk Sermo Yogyakarta masuk tanpa sengaja ke dalam perairan tersebut. Ikan *red devil* diduga tercampur dengan ikan nila saat penebaran ikan nila karena bentuk dan warnanya yang hampir mirip. Berdasarkan pigmentasi warna tubuh, *red devil* di Waduk Sermo dikelompokkan menjadi tiga kelompok yakni *red devil* hitam, *red devil* merah, dan *red devil* merah kehitaman. *Red devil* hitam dikenal sebagai individu “normal” dengan warna tubuh abu-abu hingga hitam, sedangkan *red devil* merah dikenal sebagai individu “gold” dengan warna tubuh jingga

hingga merah (Barlow 1983, Dickman *et al.* 1988, Henning *et al.* 2013). Warna tubuh yang umum ditemui pada *red devil* adalah keabu-abuan dengan pola bintik, garis dan pita dikenal sebagai individu “normal” atau “dark”, sedangkan individu “gold” diperkirakan sebanyak 8-10% saja dan memiliki bentuk tidak menentu dengan pewarnaan jingga, kuning atau kadang-kadang putih (Barlow 1976). *Red devil* merah kehitaman pada penelitian (Henning *et al.* 2013, Sowersby *et al.* 2015) dikategorikan sebagai fase transisi “normal” menuju “gold”, ketika densitas melanofor mulai mengalami penurunan pada fase ini hingga tidak ditemukan lagi pada fase “gold”.

Warna tubuh berkorelasi sangat kuat dengan karakter tingkah laku dan fisiologi seperti strategi reproduksi, agresi atau penyerangan, fungsi imun, dan respon stres (Barlow 1983). Perubahan warna dapat dipengaruhi oleh proses morfologi dan fisiologi. Perubahan warna karena proses morfologi terjadi karena adanya variasi konsentrasi pigmen kulit pada morfologi, densitas dan distribusi kromatofor, perubahan ini relatif lambat, beberapa hari atau minggu. Perubahan warna yang dipengaruhi oleh proses fisiologis terjadi sebagai dampak langsung faktor lingkungan, seperti pencahayaan pada migrasi pigmen, dan dapat terjadi sangat cepat dalam hitungan menit atau jam (Leclercq *et al.* 2010). Banyak hewan menggunakan pigmen karotenoid yang berasal dari sumber makanannya untuk pewarnaan dan imunitas tubuh. Namun, hipotesis tersebut ditemukan kontras pada ikan *red devil*. Peningkatan suplemen makanan karotenoid tidak memengaruhi pewarnaan dan peningkatan imunitas tubuh ikan. Ikan *red devil* diketahui mampu memelihara pewarnaan dan imunitas tubuh dengan kadar karotenoid yang rendah yakni $< 10 \text{ mg g}^{-1}$, yang menunjukkan

bahwa diet karotenoid tidak membatasi sifat spesies ini. Selain itu, individu dengan warna tubuh “gold” diketahui memiliki lebih banyak karotenoid dalam jaringan kulit dan integumennya dibandingkan dengan individu “normal”, tetapi individu “normal” memiliki konsentrasi karotenoid lebih tinggi pada cairan tubuhnya dibandingkan individu “gold” (Lin *et al.* 2010).

Semua individu memulai hidup dengan warna “normal”, kemudian beberapa di antaranya (8-10%) kehilangan sel-sel pigmen melanofora yang bertanggung jawab terhadap pewarnaan coklat-hitam karena kematian sel-sel tersebut, yang mengakibatkan perubahan warna individu menjadi jingga hingga merah atau bahkan warna putih akibat hilangnya melanofora dan xantofora (Barlow 1976, Dickman *et al.* 1988). Fenomena ini juga dikendalikan oleh aliran atau pertukaran gen induk, meskipun dalam tingkatan yang rendah (McKaye & Barlow 1976). Hasil penelitian tersebut sejalan dengan penelitian (Habibie *et al.* 2015) terhadap larva ikan *red devil* di Waduk Sermo yang ditemukan dalam satu warna “normal” saja. McKaye & Barlow (1976) dan Dickman *et al.* (1988) menyebutkan waktu terjadinya perubahan pigmentasi warna bervariasi, mulai dari umur individu beberapa bulan, atau bahkan juga pada individu tertentu ditemukan ketika berumur sudah cukup tua (beberapa tahun). Henning *et al.* (2013) menemukan awal perubahan warna tubuh *midas cichlid* diketahui terjadi saat berumur tujuh bulan dan tidak bergantung kepada ukuran tubuh ikan tersebut.

Data panjang total sebelum dibakukan menunjukkan bahwa ikan *red devil* merah yang tertangkap memiliki rata-rata ukuran tubuh yang lebih besar dibandingkan dengan *red devil* hitam dan *red devil* merah kehitaman. Barlow

(1973) dalam penelitiannya menemukan adanya kompetisi antara individu “gold” dan “normal” yang dipelihara bersama dalam lingkungan terkontrol di laboratorium, di mana individu “gold” cenderung mendominasi dan tumbuh lebih cepat dibandingkan dengan individu “normal” (Barlow 1973). Beberapa keuntungan menjadi individu “gold” dibandingkan individu “normal” di alam yakni lebih resisten terhadap penyakit (Barlow 1976), memijah pada ukuran yang lebih kecil (McKaye & Barlow 1976), dan induk lebih sukses menjaga dan merawat anak-anak pada kedalaman yang sama (Barlow 1976). Meskipun individu “gold” memiliki tingkah laku yang tidak terlalu agresif tetapi ketika kondisi mendesak maka ikan ini akan cenderung lebih menyerang dibandingkan dengan sekedar mengancam (McKaye & Barlow 1976).

Berdasarkan hasil analisis komponen utama, karakter morfometrik pembeda utama pada *red devil* di Waduk Sermo terletak pada karakter morfometrik sekitar kepala dan tubuh bagian tengah. Hasil analisis komponen utama tersebut semakin diperkuat oleh hasil analisis fungsi diskriminan yang menunjukkan bahwa karakter pembeda antarkelompok spesies merupakan karakter yang berada di sekitar kepala. Menurut (Elmer *et al.* 2010), *midas cichlid* pada setiap danau memiliki karakteristik bentuk tubuh masing-masing dan evolusi spesies sangat bergantung pada lingkungan hidupnya. Faktor lingkungan abiotik seperti kekeruhan, kedalaman, kemiringan, suhu air, dan kandungan kimia perairan danau menjadi faktor penting yang berpengaruh terhadap perbedaan bentuk tubuh spesies (Cole 1976). Selain itu, pengaruh tingkah laku dan karakter morfologi siklid seperti pengasuhan anak, seleksi jenis kelamin, desain fungsional, serta fenotipik dan polimorfisme

ikut mendukung terjadinya spesiasi (Stiassny & Meyer 1999, Salzburger 2009).

Warna tubuh tidak memiliki korelasi terhadap jenis kelamin, artinya baik jantan maupun betina ditemukan dalam semua fenotip warna *red devil* yang ada. Berdasarkan uji-t dan analisis diskriminan terhadap 21 karakter morfometrik diketahui bahwa betina dan jantan pada masing-masing kelompok memiliki beberapa karakter morfometrik yang berbeda secara signifikan. Karakter morfometrik pembeda utama pada ketiga kelompok spesies tersebut adalah *pectoral fin-opercula*. Karakter morfometrik lainnya yang menjadi pembeda utama betina-jantan merupakan karakter-karakter morfometrik yang berada di sekitar kepala dan tubuh bagian tengah. Dengan demikian, *red devil* di perairan Waduk Sermo menunjukkan adanya dimorfisme seksual. Berdasarkan nisbah beberapa karakter morfometrik pembeda maka dapat dipastikan individu jantan memiliki *pectoral fin-opercula* dan *eye diameter* lebih kecil dan *opercula-dorsal spine* dan *head length* lebih besar dibandingkan dengan individu betina pada ukuran yang sama. Hasil penelitian tidak sejalan dengan Barlow (1976) yang menemukan tidak adanya perbedaan bentuk tubuh antara betina dan jantan (isomorfik) pada *midas cichlid*. Hal ini dapat dijelaskan karena perubahan kondisi lingkungan berdampak pada pola adaptasi ikan sebagai respons perubahan. Respons yang diberikan oleh suatu spesies sangat mungkin berbeda dengan spesies lainnya, termasuk bentuk tubuh dan ukuran beberapa bagian tubuh (Olufeagba *et al.* 2015).

Pengklasifikasian populasi *red devil* merah, *red devil* hitam, dan *red devil* merah kehitaman berdasarkan kesamaan karakter morfometrik dianalisis menggunakan analisis klaster.

Analisis klaster terhadap enam kelompok *red devil* jantan-betina di Waduk Sermo menghasilkan dendrogram yang mengelompokkan spesies ke dalam dua klaster. Klaster pertama beranggotakan kelompok *red devil* betina, sedangkan klaster kedua beranggotakan kelompok *red devil* jantan. Analisis pengelompokan menggunakan dendrogram ini konsisten dengan hasil persebaran karakter morfometrik berdasarkan analisis kanonikal yang juga membentuk dua *centroid* terpusat, semakin memperjelas terjadinya dimorfisme seksual pada spesies ini.

Berdasarkan pengamatan terhadap mitokondria DNA *control region* (mtDNA CR), ketiga kelompok *red devil* tersebut teridentifikasi sebagai *A. amarillo* (Stauffer & McKaye 2002) berdasarkan pengamatan terhadap mitokondria DNA *control region* (mtDNA CR). Namun, secara morfologi, spesies ini tidak menunjukkan *A. amarillo* seperti yang telah dideskripsikan oleh (Stauffer Jr. & McKaye 2002) sebagai spesies endemik di Danau Xiloá. Spesies *A. amarillo* tersebut hanya ditemukan dalam satu warna “normal” saja dan dideskripsikan memiliki warna kepala hijau bercampur kuning; bagian bawah tulang pipi berwarna kuning; bagian anterior memiliki gular berwarna kuning; bagian posterior berwarna jingga kemerahan; bagian interorbital berwarna hijau dengan dua *bar* interorbital hijau gelap; pre-opercula berwarna hijau; bagian posterior opercula berwarna merah, kuning atau jingga; tubuh berwarna hijau kekuningan atau kuning pada beberapa individu; sekitar 1/3 sisi lateral berwarna hijau, sekitar 1/3 bagian ventral berwarna hijau atau kuning, memiliki enam sampai delapan bar titik hitam, bar anterior memanjang sampai ke sirip punggung, titik hitam pada ekor memanjang sampai sirip ekor; sirip dorsal berwarna hijau atau abu-abu, posterior



Gambar 7. a) *A. amarillo* (Stauffer Jr. & McKaye 2002); b, c dan d) *A. amarillo* di Waduk Sermo

rays berwarna jingga pada beberapa individu, sirip perut berwarna hijau atau abu-abu dengan garis pertama sirip berwarna hitam, dan sirip dada berwarna kuning pudar (Stauffer Jr. & McKaye 2002) (Gambar 7a)

Spesies *A. amarillo* yang teridentifikasi berdasarkan pengamatan terhadap mitokondria DNA *control region* di Waduk Sermo memiliki warna tubuh baik “normal” maupun “gold” dan tidak menunjukkan warna hijau kekuningan pada bagian-bagian tubuhnya (Gambar 7b;7c;7d). Hal tersebut dapat terjadi diduga karena proses adaptasi dan spesiasi spesies dengan lingkungan Waduk Sermo yang memiliki karakteristik lingkungan yang berbeda dengan Danau Xiloá. Identifikasi spesies *red devil* di Waduk Sermo sebagai *A. amarillo* menjadi identifikasi perta-

ma secara genetik sekaligus mengoreksi penamaan spesies *A. labiatus* yang digunakan selama ini (Habibie *et al.* 2015) dan akan terus digunakan hingga ditemukan penelitian pembaharuan selanjutnya.

Simpulan

Ikan *red devil* menunjukkan fenomena polikromatisme yaitu *red devil* merah, *red devil* hitam dan *red devil* merah kehitaman. Karakter morfometrik menunjukkan terjadinya dimorfisme seksual pada *red devil* di Waduk Sermo. Individu jantan memiliki *pectoral fin-opercula* dan *eye diameter* lebih kecil, serta *opercula-dorsal spine* dan *head length* lebih besar dibandingkan dengan individu betina pada ukuran yang sama. Diagram kanonikal dan dendrogram

konsisten mengelompokkan ketiga kelompok ikan tersebut sebagai spesies yang sama, namun terpisah berdasarkan jenis kelamin sehingga sangat nyata terjadi dimorfisme seksual. Secara genetik, tiga kelompok *red devil* tersebut teridentifikasi sebagai *A. amarillo* [Stauffer & McKaye 2002] berdasarkan pengamatan terhadap mitokondria DNA *control region* (mtDNA CR).

Persantunan

Terimakasih disampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu sejak awal hingga selesainya penelitian serta penyusunan artikel ini.

Daftar pustaka

- Barlow GW. 1983. The benefits of being gold: behavioral consequences of polychromatism in the midas cichlid, *Cichlasoma citrinellum*. *Environmental Biology of Fishes*, 8(3/4): 235-247
- Barlow GW. 1976. The midas cichlid in Nicaragua. *Investigation of the Ichthyofauna Nicaraguan lakes*, 23: 333-359
- Barlow GW, Munsey JW. 1976. The red devil-midas-arrow cichlid species complex in Nicaragua. *Investigations of the Ichthyofauna of Nicaraguan Lakes*, 24: 359-369
- Barluenga M, Meyer A. 2010. Phylogeography, colonization and population history of the Midas cichlid species complex (*Amphilophus* spp.) in the Nicaraguan crater lakes. *BMC Evolutionary Biology*. 10: 326
- Barluenga M, Meyer A. 2004. The Midas cichlid species complex: Incipient sympatric speciation in Nicaraguan cichlid fishes? *Molecular Ecology*, 13(7): 2061-2076
- Barriga-Sosa I de los A, Jiménez-Badillo, MDL, Ibáñez AL, Arredondo-Figueroa JL. 2004. Variability of tilapia (*Oreochromis* spp.) introduced in Mexico: morphometric, meristic and genetic characters. *Journal of Applied Ichthyology*, 20(1): 7-14
- Cole GA. 1976. Limnology of the Great Lakes of Nicaragua. In: Thorson TB (Ed.). *Investigation of the Ichthyofauna Nicaraguan Lakes*, 3: 9-15
- Dickman MC, Schliwa M, Barlow GW. 1988. Melanophore death and disappearance produces color metamorphosis in the polychromatic Midas cichlid (*Cichlasoma citrinellum*). *Cell Tissue Research*, 253(1): 9-14
- Elliott NG, Haskar K, Koslow JA. 1995. Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atalanticus*) off the continental slope of southern Australia. *Journal of Fish Biology*, 46(1): 202-220.
- Elmer KR, Kusche H, Lehtonen, TK, Meyer A. 2010. Local variation and parallel evolution: morphological and genetic diversity across a species complex of neotropical crater lake cichlid fishes. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences*, 365: 1763-1782
- Gu DE, Mu XD, Xu, M, Luo D, Wei H, Li YY, Zhu YJ, Luo JR, Hu YC. 2016. Identification of wild tilapia species in the main rivers of south China using mitochondrial control region sequence and morphology. *Biochemical Systematics and Ecology*, 65(1): 100-107
- Habibie SA, Djumanto, Rustadi. 2015. Penggunaan otolit untuk penentuan umur dan waktu pemijahan ikan red devil, *Amphilophus labiatus* [Günther, 1864] di Waduk Sermo, Yogyakarta. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 15(2): 87-98
- Henning F, Jones JC, Franchini P, Meyer A. 2013. Transcriptomics of morphological color change in polychromatic Midas cichlids. *BMC Genomics*, 14(1): 171
- Kitano J, Mori S, Peichel CL. 2007. Sexual

- dimorphism in the external morphology of the threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus*). *Copeia* 2007(2), 336–349
- Kratochwil CF, Sefton MM, Meyer A. 2015. Embryonic and larval development in the Midas cichlid fish species flock (*Amphilophus* spp.): a new evo-devo model for the investigation of adaptive novelties and species differences. *BMC Developmental Biology*, 15: 12
- Kullander SO. 2003. Family Cichlidae (Cichlids). In: Reis RE, Kullander SO, Ferraris Jr CJ (Eds.). *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America*. Edipucrs, Porto Alegre, Brazil, pp. 605–654
- Leclercq E, Taylor JF, Migaud H. 2010. Morphological skin colour changes in teleosts. *Fish and Fisheries*, 11(2): 159–193
- Lin SM, Nieves- Puigdollers K, Brown AC, McGraw KJ, Clotfelter ED. 2010. Testing the carotenoid trade-off hypothesis in the polychromatic midas cichlid, *Amphilophus citrinellus*. *Physiological and Biochemical Zoology: Ecological and Evolutionary Approaches*, 83(2), 333–342
- McKaye KR. 1980. Seasonality in habitat selection by the gold color morph of *Cichlasoma citrinellum* and its relevance to sympatric speciation in the family Cichlidae. *Environmental Biology of Fishes*, 5(1): 75–78
- McKaye KR, Barlow GW. 1976. Competition between color morphs of the midas cichlid, *Cichlasoma citrinellum*, in Lake Jilola, Nicaragua. *Investigation of the Ichthyofauna of Nicaraguan Lakes*, 34: 465–475
- McKaye KR, Stauffer Jr JR, Van den Bergh EP, Vivas R, Lorenzo J, Perez L, McCrary JK, Waid R, Konings A, Lee W, Kocher TD. 2002. Behavioral, morphological and genetic evidence of divergence of the midas cichlid species complex in two Nicaraguan crater lakes. *Cuadernos de Investigación de la U.C.L.*, 12: 19–47
- Olufeagba SO, Aladele SE, Okomoda VT, Sifau MO, Ajayi DA, Oduoye OT, Bolatito OA, Nden DS, Fabunmi-Tolase AS, Hassan T. 2015. Morphological variation of cichlids from Kainji Lake, Nigeria. *International Journal of Aquaculture*. 5(26): 1–14
- Salzburger W. 2009. The interaction of sexually and naturally selected traits in the adaptive radiations of cichlid fishes. *Molecular Ecology*, 18(2): 169–185
- Seehausen O, Van Alphen JJM. 1998. The effect of male coloration on female mate choice in closely related Lake Victoria cichlids [*Haplochromis nyererei*] complex). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 42(1): 1–8
- Sowersby W, Lehtonen TK, Wong BBM. 2015. Background matching ability and the maintenance of a colour polymorphism in the red devil cichlid. *Journal of Evolutionary Biology*, 28(2): 395–402
- Stauffer Jr JR, McCrary JK, Black KE. 2008. Three new species of cichlid fishes (Teleostei: Cichlidae) from Lake Apoyo, Nicaragua. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 121(1): 117–129
- Stauffer Jr JR, McKaye KR. 2002. Descriptions of three new species of cichlid fishes (Teleostei: Cichlidae) from Lake Xiloá, Nicaragua. *Cuadernos de Investigación de la U.C.L.*, 12: 1–18
- Stiassny MLJ, Meyer A. 1999. Cichlids of the rift lakes. *Scientific American*, 280(2): 64–69
- Turan C, Ergüden D, Turan F, Gürlek M. 2004. Genetic and morphologic structure of *Liza abu* (Heckel, 1843) populations from the rivers Orontes, Euphrates and Tigris. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28(4): 729–734
- Wu L, Yang J. 2012. Identifications of cap-

tive and wild tilapia species existing
in Hawaii by mitochondrial DNA

control region sequence. *PLoS One*,
7(12): e51731

Persantunan

Kami berterima kasih kepada para mitra bebestari yang telah berkenan meluangkan waktu serta mencurahkan tenaga dan pikiran untuk menelaah dan menilai kelayakan artikel yang diterbitkan pada Jurnal Iktiologi Indonesia Volume 18 Nomor 1 Bulan Februari Tahun 2018, yaitu:

Ahmad Zahid, Dr. Politeknik Kelautan dan Perikanan Jembrana

Ali Suman, Prof. Dr. Badan Riset dan Sumber daya Manusia Kelautan dan Perikanan Kementerian Kelautan dan Perikanan

A. Iqbal Burhanuddin, Prof. Dr. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin

Djumanto, Dr. Fakultas Pertanian Universitas Gajah Mada

Haryono, Dr. Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Indra Gumay Yudha, Dr. PS Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Lampung

Jefry Jack Mamangkey, Dr. Universitas Negeri Manado

Muh. Yusri Karim, Prof. Dr. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin

Tedjo Sukmono, Dr. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jambi

Wartono Hadie, Dr. Pusat Riset Perikanan, Badan Riset dan Sumber daya Manusia Kelautan dan Perikanan Kementerian Kelautan dan Perikanan

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. Resensi buku yang berkaitan dengan aspek-aspek di atas dapat dimuat asalkan tidak melebihi dua halaman. Ulas balik (*review*) suatu topik yang dipandang penting dimuat hanya atas permintaan dewan penyunting.

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. Penyunting berhak 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 melalui surat elektronik 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 dilakukan dengan mengirimkan satu salinan lunak (*soft copy*) melalui surat elektronik kepada dewan penyunting JII. Pengajuan naskah dapat dilakukan kapan pun kepada:

Dewan Penyunting Jurnal Iktiologi Indonesia
Gd. Widyasatwaloka, Bidang Zoologi,
Pusat Penelitian Biologi LIPI
Jln. Raya Jakarta-Bogor Km 46, Cibinong
16911

✉ iktiologi_indonesia@yahoo.co.id
Telp. (021) 8765056/64, Fax. (021) 8765068

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

Panduan berikut membantu anda dalam menyiapkan naskah yang akan dikirim ke JII. Panduan lengkap dapat anda lihat pada laman Masyarakat Iktiologi Indonesia (www.iktiologi-indonesia.org). 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*).
- Angka yang lebih kecil dari 10 dieja, misal tujuh spesies ikan, tetapi tidak dieja bila diikuti oleh satuan baku, misal 3 kg. Nilai di atas sembilan ditulis dalam angka, kecuali pada awal kalimat.
- Tidak menggunakan garis miring (sebagai ganti kata per), tetapi menggunakan titik 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 Jan, Apr, Agu.
- 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.

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. Khusus penulis untuk berkorespondensi disertai alamat surat elektronik.

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 dirangkum dalam suatu acuan yang padat. Nyatakan tujuan penelitian anda.

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

Hasil. Di sini anda kemukakan informasi dan hasil yang diperoleh berdasarkan metode yang

digunakan. Jangan mengutip pustaka apapun pada bab ini.

Pembahasan. Nilai suatu naskah ditentukan oleh suatu pembahasan yang baik. Di sini hasil studi anda dihubungkan dengan hasil studi sebelumnya. Hasil diinterpretasikan dengan dukungan kejadian atau pustaka yang memadai. Hasil yang tidak diharapkan atau anomali perlu dijelaskan. Penggunaan pustaka primer mutakhir (10 tahun terakhir) sangat dianjurkan. Jika dimungkinkan, sitir ide atau gagasan yang dimuat pada JII terbitan terdahulu terkait dengan topik anda.

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

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

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

- Judul terbitan berkala dikutip lengkap (ditulis dalam huruf 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 italic. Gunakan huruf kapital pada awal kata, kecuali kata depan dan kata sambung. Nama dan lokasi penerbit, serta total halaman dicantumkan. Contoh:

Berra TB. 2001. *Freshwater Fish Distribution*. Academic Press, San Francisco. 640 p.

- Buku terjemahan ditambahkan nama penerjemahnya. Contoh:

Nikolsky GV. 1963. *The ecology of fishes*. Translated from Russian by L. Birkett. Academic Press, London and New York. 352 p.

Steel GD, Torrie JH. 1981. *Prinsip-prinsip dan Prosedur Statistika*. Diterjemahkan oleh Bambang Sumantri. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 747 p.

- Artikel yang termuat dalam kumpulan monograf (buku, prosiding) dituliskan: penulis-tahun, judul artikel. *In:* nama penyunting, judul monograf (ditulis dengan huruf italic), nama penerbit dan lokasinya, serta halaman artikel. Contoh:

Bleckmann H. 1993. Role of lateral line in fish behaviour. *In:* Pitcher TJ (ed.). *Beha-*

viour 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, pe-

kerjaan 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*”.

Khusus artikel ulasan balik suatu topik dan resensi buku tidak perlu mengikuti sistematika penulisan di atas.

Nebuchadnezzar Akbar, Muhammad Aris, Muhammad Irfan, Irmalita Tahir, Abdurrachman Baksir, Hawis H Madduppa, Beginer Subhan, Raismin Kotta Filogenetik ikan tuna (<i>Thunnus</i> spp) di Perairan Maluku Utara, Indonesia [Phylogenetic of tuna fish (<i>Thunnus</i> spp.) in North Mollucas Sea, Indonesia]	1
Suciadi Catur Nugroho, Irwan Jatmiko, Arief Wujdi Pola pertumbuhan dan faktor kondisi madidihang, <i>Thunnus albacares</i> (Bonnaterre, 1788) di Samudra Hindia Bagian Timur [Growth pattern and condition factor of yellowfin tuna <i>Thunnus albacares</i> (Bonnaterre, 1788) in Eastern Indian Ocean].	13
Asriyana, Nur Irawati Makanan dan strategi makan ikan kuniran <i>Upeneus sulphureus</i> , Cuvier (1829) di perairan Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara [Food and feeding strategy of sunrise goatfish <i>Upeneus sulphureus</i> , Cuvier (1829) in Kendari Bay, Southeast Sulawesi].	23
Gusti Abi Dzar Al Ghiffary, M. Fadjar Rahardjo, Ahmad Zahid, Charles P.H. Simanjuntak, Aries Asriansyah, Reiza Maulana Aditriawan Komposisi dan luas relung makanan ikan belanak, <i>Chelon subviridis</i> (Valenciennes, 1836) dan <i>Moolgarda engeli</i> (Bleeker, 1858) di Teluk Pabean, Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat [Diet composition and niche breadth of mullet <i>Chelon subviridis</i> (Valenciennes, 1836) and <i>Moolgarda engeli</i> (Bleeker, 1858) in Pabean Bay, Indramayu Subdistrict, West Java Province].	41
Abdul Zahri, Agus Oman Sudrajat, Muhammad Zairin Junior Profil hormon FSH, LH, dan estradiol serta kadar glukosa darah sidat, <i>Anguilla bicolor bicolor</i> (Mc Clelland, 1844) yang dirangsang hormon HCG, MT, E2, dan anti dopamin [Hormone profile of FSH, LH and estradiol with glucose blood level of Indonesian short-finned eel (<i>Anguilla bicolor bicolor</i> Mc Clelland, 1844) stimulated by HCG, MT, E2 and dopamine inhibitory].	57
Sitty Ainsyah Habibie, Djumanto, Murwantoko Polikromatik, dimorfisme seksual, dan redeskripsi spesies ikan red devil, <i>Amphilophus amarillo</i> [Stauffer & McKaye, 2002] di Waduk Sermo Yogyakarta [Polychromatic, sexual dimorphism and redescription species of red devil <i>Amphilophus Amarillo</i> [Stauffer & McKaye, 2002] in Sermo Reservoir, Yogyakarta]	69

