

Indeks bentuk otolit ikan cakalang, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) dari Samudra Hindia

[Otolith shape indices of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) from the Indian Ocean]

Arief Wujdi✉, Maya Agustina, Irwan Jatmiko

Loka Riset Perikanan Tuna,
Jl. Mertasari No.140, Banjar Suwung Kangin, Sidakarya, Denpasar, Bali. 80223

Diterima: 21 Oktober 2017; Disetujui: 5 Juni 2018

Abstrak

Ikan cakalang, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) berperan penting dalam ekosistem perairan laut, yaitu mangsa bagi jenis hiu, kelompok *billfish*, dan tuna berukuran besar lainnya. Dalam hal mengungkap hubungan pemangsa dan mangsa dalam suatu rantai makanan, seringkali terjadi kekosongan informasi karena sulitnya mengidentifikasi ikan yang telah tercerna. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan bentuk morfologi otolit ikan cakalang berdasarkan nilai indeks bentuk. Data morfometri dikumpulkan dari 253 pasang otolit ikan cakalang pada bulan Februari, April, Agustus, dan September tahun 2016 di empat tempat pendaratan ikan, yaitu: Binuangeun, Sadeng, Prigi, dan Labuhan Lombok. Data morfometri otolit diuji normalitas dan homogenitasnya masing-masing menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dan Levene. Uji T berpasangan juga diterapkan untuk memastikan signifikansi perbedaan antara morfometrik otolit kanan dan kiri. Penghitungan indeks bentuk menggunakan enam deksriptor, yang meliputi *form factor* (F_F), *roundness* (R_O), *circularity* atau *compactness* (C), *rectangularity* (R_t), *ellipticity* (E), dan *aspect ratio* (A_R). Analisis multivariat menggunakan MANOVA dan uji Tuckey juga diterapkan untuk menentukan perbedaan morfometri otolit dari masing-masing lokasi. Hasil menunjukkan bahwa data tersebar normal dan homogen serta tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada morfometri otolit kanan dan kiri (P>0,05). Penelitian ini juga menyajikan nilai indeks bentuk yang menjelaskan bentuk morfologi otolit ikan cakalang, yaitu memiliki karakteristik cenderung oval, memanjang, dan memiliki permukaan yang tidak beraturan.

Kata penting: indeks bentuk; morfometri; otolit; ikan cakalang; shape R; hubungan pemangsa dan mangsa

Abstract

Skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) plays an important role in terms of the marine ecosystems as preyed-upon by shark, billfish, and larger tunas. In order to determine food chain system, there was a gap information as digested skipjack tuna difficult to be identified. This study aimed to determine shape indices to describe the otolith shape of skipjack. The morphometry data were collected from 253 pairs of skipjack tuna's otolith during February, April, August, and September 2016 from four fishing ports namely Binuangeun, Sadeng, Prigi, and Labuhan Lombok. The data normality and homogeneity also determined using Kolmogorov-Smirnov and Levene test respectively. In addition, right and left otolith morphometry were investigated using paired T-test. The shape indices were calculated using six descriptors including form factor (FF), roundness (RO), circularity or compactness (C), rectangularity (R_t), ellipticity (E), and aspect ratio (AR). Multivariate test using MANOVA and Tuckey test also implemented to investigate variation among locations. The results showed that the data were distributed normally and homogenly. There were also not significantly difference on otolith morphometry between left and right side (P>0,05). Shape indices also provided in this paper. Skipjack tuna's otolith has performed as non-rounded, closed to oval, elongated, and irregular surface.

Keywords: shape indices; morphometry; otolith; skipjack tuna; ShapeR; predator-prey relationship

Pendahuluan

Ikan bertulang sejati (Teleostei) mempunyai otolit yang terletak di dalam telinga sehingga otolit seringkali disebut juga batu telinga (Jawad *et al.* 2011, Valinassab *et al.* 2012, Chulin & Chen 2013). Otolit merupakan organ yang ber-

fungsi untuk mengatur keseimbangan, pendengaran, koordinasi arah renang, dan orientasi (Tuset *et al.* 2003, Popper *et al.* 2005, Valinassab *et al.* 2012, Bani *et al.* 2013, Cabello *et al.* 2014, Yilmaz *et al.* 2014, Sadighzadeh *et al.* 2014) yang ditemukan pada semua ikan bertulang sejati (Campana 2004). Otolit tersusun dari kalsium karbonat (CaCO₃) sebagai komponen utama,

✉ Penulis korespondensi
Alamat surel: arief_wujdi@yahoo.com

yang umumnya berbentuk aragonit dan deposit garam (Valinassab *et al.* 2012, Cabello *et al.* 2014, Sadighzadeh *et al.* 2014).

Otolit terdiri atas *sagittae*, *lapillus*, dan *asteriscus* (Campana 2004, Tuset *et al.* 2008). *Sagittae* mempunyai ukuran yang terbesar pada semua ikan, diikuti *asteriscus* dan *lapillus* sebagai yang terkecil (Jawad *et al.* 2008, Seyfabadi *et al.* 2014, Yilmaz *et al.* 2015). *Sagittae* juga relatif lebih mudah dikumpulkan (Bani *et al.* 2013) dan memiliki struktur yang lebih stabil dibanding *lapillus* dan *asteriscus*, serta memiliki ciri-ciri yang spesifik antarspesies (Polito *et al.* 2011). *Sagittae* telah digunakan secara luas untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik dalam studi taksonomi dan identifikasi spesies, sejarah hidup, pertumbuhan, dan umur (Campana & Neilson 1985, Sparre & Venema 1999, Tuset *et al.* 2003, Hodayuni *et al.* 2013, Reichenbacher & Reichard 2014) karena *sagittae* memiliki ciri khas yang spesifik pada setiap jenis ikan, meliputi bentuk, ukuran, bobot, pola pertumbuhan, kontur, dan komposisi kimiawi (Reichenbacher *et al.* 2007, Zorica *et al.* 2010, Annabi *et al.* 2013). *Sagittae* ditemukan pula dalam jumlah yang melimpah dalam bentuk fosil sehingga digunakan dalam studi paleontologi untuk rekonstruksi keanekaragaman ikan teleostei pada masa lampau, zoogeografi, dan evolusinya (Reichenbacher *et al.* 2007, Zorica *et al.* 2010, Annabi *et al.* 2013).

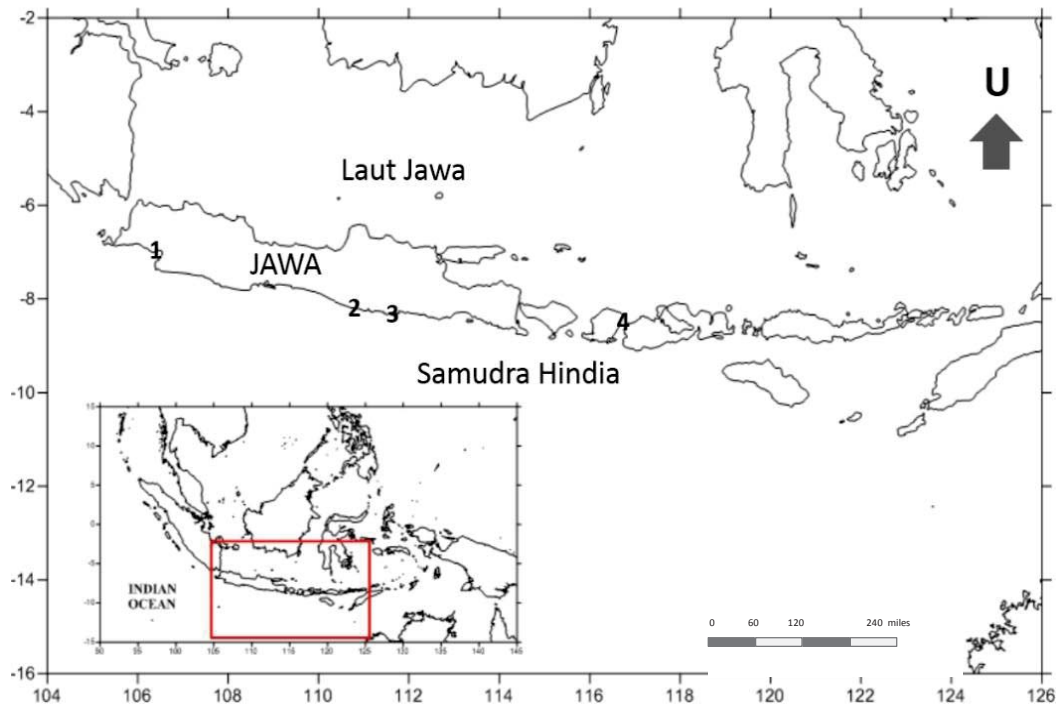
Dalam hal identifikasi spesies ikan, khususnya dalam studi isi alat pencernaan, seringkali peneliti hanya menemukan ikan yang telah hancur akibat proses pencernaan. Hal ini mengakibatkan berkurangnya informasi jenis ikan yang

dimangsa, khususnya ikan cakalang, yang menjadi mangsa bagi ikan hiu dan kelompok ikan berparuh (*billfish*), kelompok tuna besar lainnya dan mamalia laut, bahkan kanibalisme oleh ikan sejenis yang berukuran lebih besar (Essington *et al.* 2009, Fonteneau *et al.* 2009, Hunsicker *et al.* 2012). Padahal otolit dapat ditemukan dalam jumlah yang melimpah didalam alat pencernaan ikan predator (Pascoe 1986) dikarenakan otolit bersifat lebih tahan terhadap proses pencernaan (Aydin *et al.* 2004). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan morfologi otolit ikan cakalang yang dikonfirmasi dalam bentuk indeks yang informasinya masih terbatas di Indonesia. Diharapkan hasil penelitian ini dapat melengkapi basis data identifikasi jenis ikan, khususnya ikan yang telah tercerna, untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik berkaitan dengan hubungan mangsa-pemangsa (*predator-prey relationship*) dalam sistem rantai makanan di ekosistem laut.

Bahan dan metode

Pengumpulan data dan penanganan sampel

Ikan cakalang yang diamati merupakan hasil tangkapan pancing ulur dan pukat cincin skala rakyat. Pengumpulan sampel dilakukan pada bulan Februari (musim barat), April (musim peralihan 1), Agustus, dan September (musim timur) tahun 2016 di empat tempat pendaratan ikan yang mewakili area Samudra Hindia selatan Jawa hingga Nusa Tenggara Timur (Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia 573), yaitu Binuangun, Sadeng, Prigi, dan Labuhan Lombok (Gambar 1). Data biologis yang dikumpulkan meliputi panjang cagak (cm), bobot tubuh (gram), dan sampel otolit (*sagittae*).



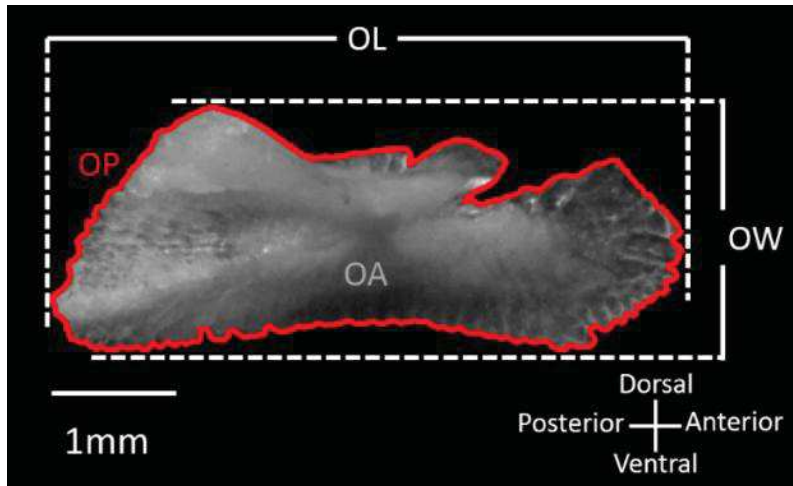
Gambar 1. Lokasi pengumpulan sampel otolit ikan cakalang (*K. pelamis*): 1) Binuanggeun, 2) Sadeng, 3) Prigi, dan 4) Labuhan Lombok

Sampel otolit diambil dengan metode *open the hatch* (Secor *et al.* 1992), yaitu dengan membuat dua pola potongan secara vertikal dan horizontal di bagian atas kepala ikan hingga bagian otak terekspos sempurna. Selanjutnya, bagian otak dibersihkan hingga tampak rongga *sacculus* yang berisi otolit. Otolit diambil dengan pinset dengan bagian ujung yang lancip dan tanpa gerigi. Kemudian otolit dibersihkan dengan menggunakan kuas dan akuades untuk menghilangkan jaringan dan lendir. Pembersihan otolit dilanjutkan dengan merendam otolit kedalam *ultrasonic cleaner* yang berisi akuades selama 5 menit. Otolit disimpan dalam kapsul plastik (BEEM RB001 *size 00*) yang telah diberi label lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 25-30°C selama 12 jam.

Pengamatan morfometrik otolit

Otolit yang telah dikumpulkan kemudian

disortir, Hanya otolit yang utuh dan komplet (sepasang kiri dan kanan) yang dianalisis. Masing-masing otolit kiri dan kanan ditimbang menggunakan timbangan mikro (OHAUS Adventurer AX223) dengan sensitivitas 0,0001 gram untuk mendapatkan data bobot otolit (*otolith mass* atau O_M) dalam satuan gram. Otolit dipotret menggunakan stereomikroskop (Carl Zeiss Stemi 2000C) yang terkoneksi dengan kamera digital (axioCam 5MP) dengan latar belakang berwarna gelap dan perbesaran 6,5 kali sehingga menghasilkan citra dengan format berwarna (*Red-Green-Blue* atau *RGB*). Selanjutnya, citra otolit diubah menjadi format hitam dan putih (32 Bit). Manipulasi kontras dan kecerahan juga diterapkan seperlunya terhadap citra otolit menggunakan metode *threshold* dengan piranti lunak ImageJ yang dapat diakses secara bebas pada laman: <http://rsbweb.nih.gov/ij/>.



Gambar 2. Sumbu pengukuran morfometri otolit ikan cakalang (*K. pelamis*). Garis merah merupakan delineasi garis terluar otolit dengan paket “ShapeR” untuk menentukan morfometri otolit. Keterangan: panjang otolit (O_L), lebar otolit (O_W), keliling otolit (O_P), dan luas otolit (O_A)

Data morfometrik dikumpulkan dari citra otolit secara dua dimensi dengan program R (R Core team, www.r-project.org) dengan menggunakan paket “ShapeR” (Libungan & Palsson 2015), meliputi ukuran panjang, lebar, keliling, dan luas otolit (Gambar 2). Panjang otolit (*otolith length* atau O_L , dalam satuan mm) didefinisikan sebagai jarak mendatar terjauh antara bagian anterior dan posterior. Lebar otolit (*otolith width* atau O_W , mm) merupakan jarak terjauh secara vertikal antara bagian dorsal dan ventral. Keliling otolit (*otolith perimeter* atau O_P , mm) merupakan panjang total garis terluar yang mengelilingi otolit. Luas area otolit (*otolith area* atau O_A , mm²) didefinisikan sebagai luas keseluruhan area/wilayah otolit yang dibatasi oleh garis terluar (Zorica *et al.* 2010, Aguera & Brophy 2011, Zischke *et al.* 2016).

Analisis data

Data morfometri otolit kanan dan kiri diuji normalitas dan homogenitasnya menggunakan

uji Kolmogorov-Smirnov dan uji Levene. Uji t-berpasangan dua arah pada taraf kepercayaan 95% juga diterapkan untuk menentukan signifikansi perbedaan data morfometri otolit kanan dan kiri.

Penentuan indeks bentuk otolit dilakukan dengan enam deskriptor terdiri atas *form factor* (F_F), *roundness* (R_O), *circularity* atau *compactness* (C), *rectangularity* (R_t), *ellipticity* (E), dan *aspect ratio* (A_R) menggunakan persamaan menurut Ponton (2006), Aguera & Brophy (2011), Sadighzadeh *et al.* (2012), Bani *et al.* (2013), Zengin *et al.* (2015), Zischke *et al.* (2016), dan Avigliano *et al.* (2017) yang disajikan pada Tabel 1. Masing-masing deskriptor indeks bentuk selanjutnya dibandingkan antarlokasi untuk menentukan signifikansinya dengan analisis multivariate menggunakan MANOVA ($\alpha = 0,05$), kemudian dilanjutkan dengan uji Tuckey menggunakan piranti lunak SPSS versi 24.

Tabel 1. Penghitungan indeks bentuk otolit menggunakan pengukuran morfometri beserta formulanya

Indeks bentuk	Formula	Kegunaan
F_F	$4\pi O_A/O_P^2$	Mengestimasi keteraturan pada permukaan otolit, dimana $F_F=1$ menunjukkan permukaan yang teratur seperti lingkaran. Nilai $F_F<1$ berarti permukaan tidak teratur, sedangkan $F_F=1$ berarti permukaan teratur.
R_O	$4O_A/\pi O_L^2$	Membandingkan bentuk otolit terhadap bentuk lingkaran penuh, di mana $R_O=1$ menandakan bentuk lingkaran penuh.
C	O_P^2/O_A	Membandingkan bentuk otolit terhadap bentuk lingkaran penuh.
R_t	$O_A/(O_L \cdot O_W)$	Menggambarkan variasi panjang dan lebar otolit terhadap luas area, di mana $R_t=1$ menggambarkan otolit berbentuk persegi sempurna.
E	$\frac{O_L - O_W}{(O_L + O_W)}$	Mengindikasikan terjadinya perubahan sumbu secara proporsional.
A_R	O_L/O_W	Menunjukkan bentuk otolit, di mana nilai $A_R>1$ menandakan bentuk otolit yang cenderung memanjang.

Keterangan: F_F = *form factor*, R_O = *roundness*, C = *circularity* atau *compactness*, R_t = *rectangularity*, E = *ellipticity*, dan A_R = *aspect ratio*

Hasil

Secara keseluruhan didapatkan 253 pasang otolit ikan cakalang dengan ukuran panjang cagak berkisar antara 27-63 cm dan bobot tubuh 307-6.080 gram (Tabel 2). Hasil pengujian terhadap normalitas dan homogenitas data morfometri otolit (O_M , O_L , O_W , O_P , dan O_A) dengan uji Kolmogorov-Smirnov dan Levene menunjukkan bahwa data morfometri otolit tersebar secara normal dan homogen ($P>0,05$). Hasil uji t berpasangan dua arah menunjukkan bahwa data morfometri otolit kanan dan kiri tidak berbeda nyata ($P>0,05$), kecuali pada parameter panjang otolit (O_L) yang menunjukkan perbedaan yang nyata ($P<0,05$), yaitu otolit kanan lebih panjang daripada kiri. Selanjutnya, penghitungan indeks bentuk menggunakan data otolit kanan.

Penghitungan indeks bentuk otolit yang meliputi *form factor* (F_F), *roundness* (R_O), *circularity* atau *compactness* (C), *rectangularity* (R_t), *ellipticity* (E), dan *aspect ratio* (A_R) disajikan pada Gambar 3. Hasil pengujian terhadap variasi indeks bentuk otolit menggunakan MANOVA menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang

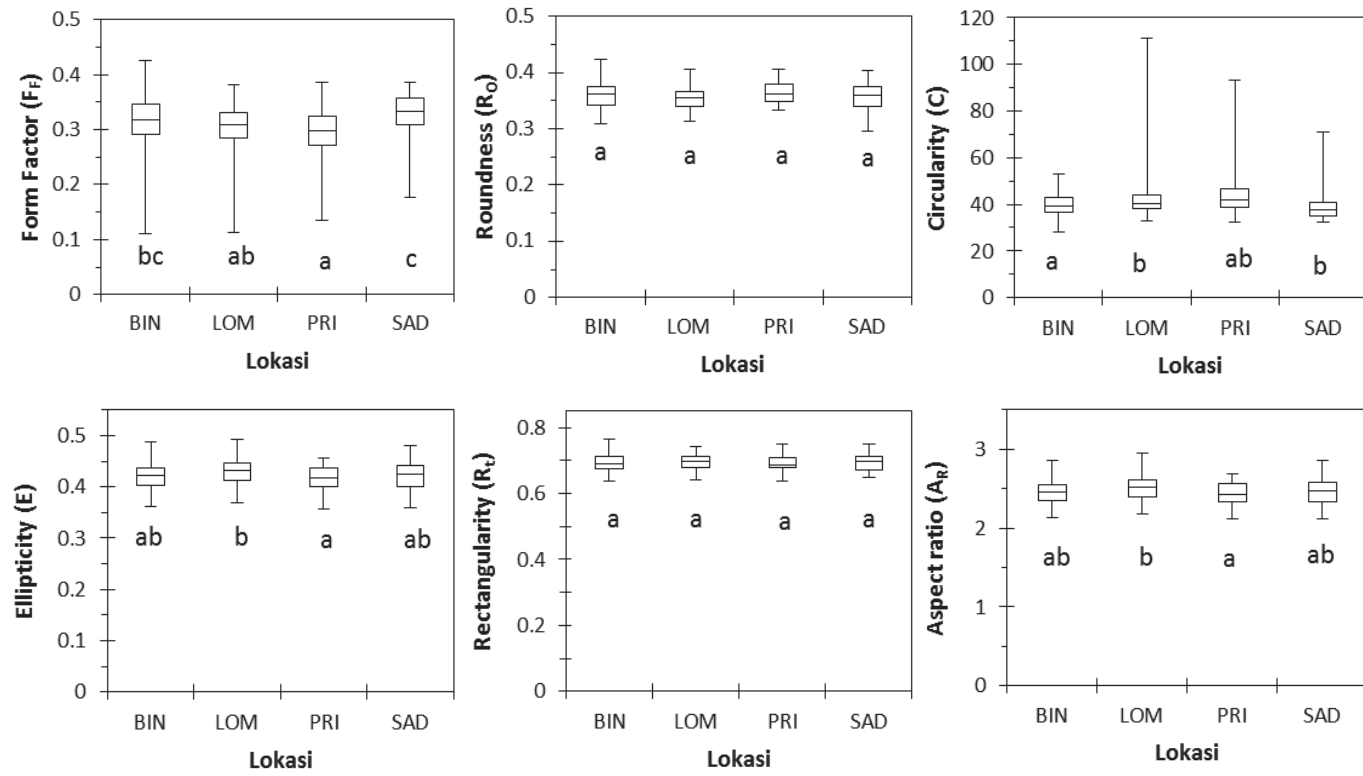
nyata pada indeks bentuk otolit F_F , C , E , dan A_R diantara ikan cakalang pada lokasi yang berbeda, sedangkan R_O dan R_t tidak berbeda nyata ($P>0,05$). Berdasarkan deskriptor F_F , secara umum otolit cakalang dari keempat lokasi memiliki kesamaan bentuk yaitu permukaan yang tidak teratur ($F_F<1$). Tidak ditemukan signifikansi nilai F_F antara lokasi Labuhan Lombok (LOM) dan Prigi (PRI), Binuangeun (BIN) dan Labuhan Lombok (LOM), serta Binuangeun (BIN) dan Sadeng (SAD). Signifikansi nilai F_F terjadi antara lokasi Prigi (PRI) dan Sadeng (SAD), yaitu F_F Prigi (PRI) lebih kecil daripada F_F Sadeng (SAD). Hal tersebut berarti permukaan otolit dari lokasi Prigi (PRI) lebih tidak beraturan atau berlekuk-lekuk dibandingkan Sadeng (SAD). Berdasarkan deskriptor R_O dan R_t , otolit dari keempat lokasi tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. R_O dan R_t dari keempat lokasi sama-sama bernilai kurang dari satu, menunjukkan bahwa otolit ikan cakalang dari keempat lokasi kurang membulat dan cenderung memanjang. Berdasarkan deskriptor C , signifikansi ditemukan antara lokasi Prigi (PRI) dan

Binuangeun (BIN) serta Prigi (PRI) dan Sadeng (SAD). Berdasarkan deskriptor E dan A_R , signifikansi ditemukan antara lokasi Prigi (PRI) dan Labuhan Lombok (LOM). Secara keseluruhan,

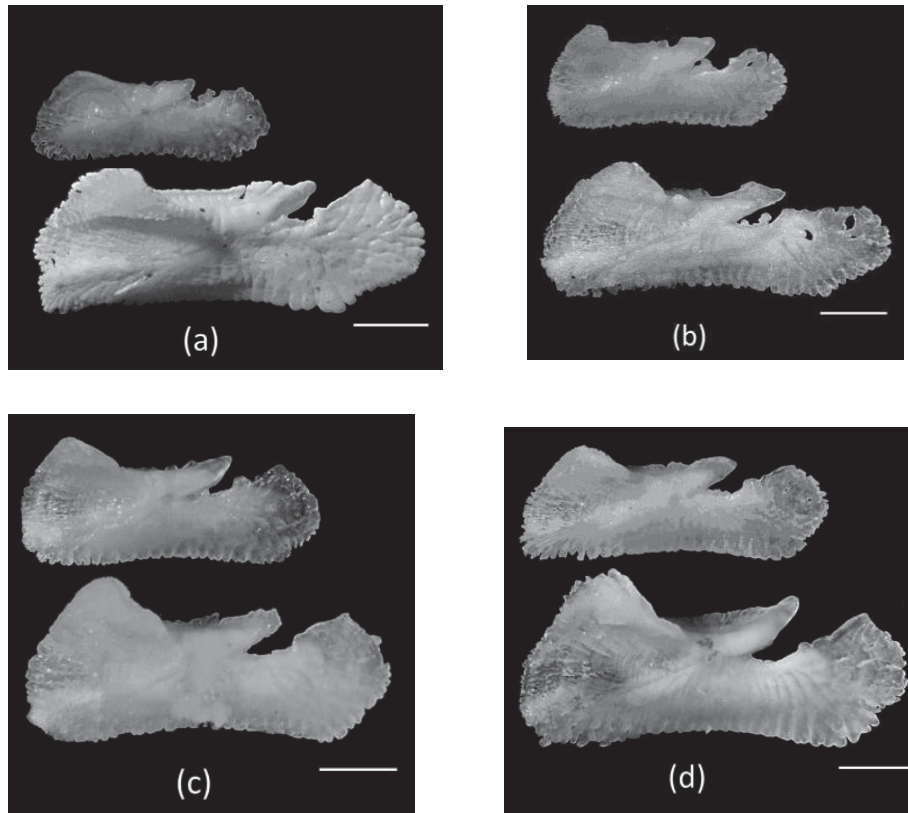
indeks bentuk otolit dapat mendemonstrasikan bentuk morfologi otolit ikan cakalang, yaitu cenderung oval, memanjang (persegi panjang), dan permukaan tidak beraturan (Gambar 4).

Tabel 2. Deskripsi statistik ukuran tubuh dan morfometri otolit populasi ikan cakalang di Samudra Hindia

Daerah	Panjang (cm)	Bobot (gram)	Deskripsi statistik parameter morfometri otolit (min-maks, rata-rata±simpangan baku)				
			O_M (gram)	O_L (mm)	O_W (mm)	O_P (mm)	O_A (mm ²)
Binuangeun/ BIN (n=88)	27-58	307-3.738	0,0017-0,0054 0,003±0,0008	3,197-5,388 4,345±0,544	1,22-2,283 1,764±0,211	9,97-26,197 14,786±2,627	2,893-8,339 5,375±1,194
Sadeng/ SAD (n=52)	34-54	663-3.395	0,0019-0,0044 0,003±0,0005	3,622-5,464 4,509±0,365	1,539-2,082 1,821±0,122	11,85-20,649 14,862±1,566	4,132-7,367 5,716±0,697
Prigi/ PRI (n=33)	35-51	863-2.688	0,0021-0,0042 0,003±0,0005	3,881-4,908 4,459±0,288	1,595-2,164 1,837±0,11	13,303-24,657 16,233±2,766	4,582-6,946 5,694±0,585
Labuhan Lombok/ LOM (n=80)	41-63	1.276-6.080	0,0021-0,0055 0,003±0,0008	4,105-5,674 4,747±0,372	1,595-2,451 1,892±0,162	13,052-26,465 16,458±2,211	4,904-8,656 6,278±0,909



Gambar 3. Variasi indeks bentuk otolit ikan cakalang di empat lokasi yang berbeda. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan signifikansi antarlokasi penelitian. Keterangan grafik *box plot*: Binuangeun (BIN); Labuhan Lombok (LOM); Prigi (PRI); dan Sadeng (SAD)



Gambar 4. Penampang lateral otolit ikan cakalang sebelah kanan dari empat lokasi di Samudra Hindia; (a) Binuangeun ukuran panjang cagak ikan adalah 27 dan 58 cm, (b) Sadeng ukuran panjang cagak 34 dan 53 cm, (c) Prigi ukuran panjang cagak 35 dan 51 cm, dan (d) Labuhan Lombok ukuran panjang cagak 41 dan 63 cm. Skala batang berwarna putih menandakan 1 mm

Pembahasan

Penelitian indeks bentuk *sagittae* otolit telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan deskriptor yang berbeda-beda. Penelitian terhadap kelompok ikan genus *Serranus* di Kepulauan Canary, Spanyol menggunakan enam deskriptor (Tuset *et al.* 2003, 2006), tiga spesies Caspian Goby selatan di Pantai Anzali, Iran menggunakan enam deskriptor (Bani *et al.* 2013), dan lima jenis ikan pelagis di Laut Adriatic, Kroasia menggunakan tiga deskriptor (Zorica *et al.* 2010). Penggunaan deskriptor seringkali berkaitan dengan studi lanjutan penggunaan bentuk otolit dalam menginvestigasi struktur populasi ikan peruyaya yang tersebar secara luas pada area perairan yang berbeda (Burke *et al.* 2008, Aguera

& Brophy 2011, Hussy *et al.* 2016, Wujdi *et al.* 2017).

Hasil penelitian ini mengungkap bahwa parameter morfometri O_M dan O_W antara otolit kanan dan kiri tidak berbeda nyata. Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian sebelumnya pada beberapa jenis ikan famili Scombridae, seperti *Rastrelliger kanagurta* di perairan Oman, *Scomber japonicus* di perairan Laut Cina Selatan, *Scomber australasicus* di Teluk Sagami, Jepang, dan *Scomber scombrus* di Laut Norwegia (Jawad *et al.* 2011, He *et al.* 2017).

Nilai indeks bentuk otolit ikan cakalang bervariasi antarlokasi yang berbeda, khususnya pada deskriptor F_F , C , E , dan A_R , sedangkan R_O dan R_L tidak berbeda nyata ($P > 0,05$). Variasi ini dapat dipengaruhi oleh perbedaan kondisi ling-

kungan perairan (Campana & Neilson 1985, Campana & Casselman 1993), ketersediaan makanan dan suhu perairan (Cardinale *et al.* 2004, Vignon 2012), ontogenetik (Cardinale *et al.* 2004), serta perbedaan demografi seperti jenis kelamin, umur, dan populasi (Nielsen *et al.* 2010, Bostanci *et al.* 2015). Namun demikian, berdasarkan nilai indeks bentuknya, secara umum bentuk morfologi otolit ikan cakalang di empat lokasi masih berada pada kisaran yang sama sehingga dapat merepresentasikan bentuk otolit yang sama pula. Otolit ikan cakalang berbentuk cenderung oval, memanjang dan memiliki pinggiran yang tidak teratur.

Otolit ikan cakalang memiliki permukaan luar yang tidak beraturan dan cenderung berlekuk-lekuk ditunjukkan dengan nilai $F_F < 1$. Nilai $R_O < 1$ dan C pada penelitian ini memperlihatkan *sagittae* otolit cenderung berbentuk oval daripada berbentuk bulat, sedangkan nilai $R_T < 1$, E dan $A_R > 1$ menunjukkan bahwa *sagittae* otolit cenderung memanjang. Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian sebelumnya, yaitu bentuk otolit ikan cakalang di perairan Brazil dan Samudra Atlantik adalah memanjang, oval dan meruncing di bagian ujung anterior seperti halnya mata tombak ditunjukkan dengan nilai $R_T < 1$ (Tuset *et al.* 2008, Santificetur *et al.* 2017). Bentuk *sagittae* yang cenderung oval, memanjang, dan meruncing pada bagian anterior ini menjadi ciri khas ikan pelagis. Perbedaan bentuk otolit, khususnya bagian *sagittae*, antara ikan pelagis dan demersal terletak pada ketebalan dan tingkat kebulatan. Ikan pelagis dengan kebiasaan berenang yang aktif memiliki *sagittae* yang tipis dan memanjang, sedangkan ikan demersal yang hidup di dasar perairan memiliki *sagittae* yang tebal dan membulat (Gauldie & Crampton 2002, Bani *et al.* 2013).

Dalam penelitian ini, terdapat perbedaan yang nyata pada nilai deskriptor F_F , C , E dan A_R antar lokasi penelitian. Menurut Avigliano *et al.* (2017), Aguera & Brophy (2011), Ferguson *et al.* (2011) deskriptor C , E , dan F_F , dapat digunakan sebagai indikator habitat untuk membedakan daerah pemijahan jenis ikan *Prochilodus lineatus*, *Scomberesox saurus*, dan *Argyrosomus japonicus*. Dalam penelitian ini, nilai deskriptor R_t tidak berbeda nyata antar lokasi. Hal ini berarti R_t kurang efisien apabila digunakan untuk membedakan habitat ikan. Pernyataan ini didukung hasil penelitian sebelumnya oleh Aguera & Brophy (2011) pada ikan *Scomberesox saurus* dan Duarte-Neto *et al.* (2008) pada ikan *Coryphaena hippurus*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai deskriptor R_O juga tidak berbeda nyata antar lokasi sehingga juga kurang efisien untuk membedakan habitat ikan. Namun demikian, hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya oleh Ferguson *et al.* (2011) dan Aguera & Brophy (2011) yang menyatakan bahwa R_O merupakan indikator yang ideal untuk membedakan habitat ikan *A. japonicus* dan *S. saurus*. Penelitian ini dapat membuktikan bahwa bentuk otolit dapat diterapkan untuk membedakan struktur populasi dan area pemijahan ikan dari perairan-perairan yang berbeda, seperti halnya telah diteliti sebelumnya oleh Wujdi *et al.* (2017), Libungan *et al.* (2015), dan Avigliano *et al.* (2017).

Kesimpulan

Parameter morfometri otolit kanan dan kiri tidak berbeda nyata. Berdasarkan analisis indeks bentuk dengan menggunakan enam deskriptor, otolit ikan cakalang, khususnya bagian *sagittae*, memiliki karakteristik yang khas yaitu berbentuk oval yang meruncing di bagian anterior seperti mata tombak, cenderung memanjang, dan permukaannya tidak teratur.

Persantunan

Artikel ini merupakan kontribusi dari kegiatan penelitian yang berjudul “Penelitian Karakteristik Ekobiologi Ikan Pelagis di Sekitar Rumpon di WPP NRI-573 (Samudra Hindia Selatan Jawa hingga Nusa Tenggara)” yang dilaksanakan oleh Loka Penelitian Perikanan Tuna (LP2T) dengan sumber dana DIPA tahun anggaran 2016.

Daftar pustaka

- Aguera A, Brophy D. 2011. Use of saggital otolith shape analysis to discriminate North-east Atlantic and Western Mediterranean stocks of Atlantic saury, *Scomberesox saurus saurus* (Walbaum). *Fisheries Research*, 110(3): 465–471. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.06.003>
- Annabi A, Said K, Reichenbacher B. 2013. Interpopulation differences in otolith morphology are genetically encoded in the killifish *Aphanius fasciatus* (Cyprinodontiformes). *Scientia Marina*, 77(2): 269–279. <https://doi.org/10.3989/scimar.03763.02A>
- Avigliano E, Domanico A, Sanchez S, Volpedo AV. 2017. Otolith elemental fingerprint and scale and otolith morphometry in *Prochilodus lineatus* provide identification of natal nurseries. *Fisheries Research*, 186: 1-10. <http://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.07.026>
- Aydin R, Calta M, Dursun S, Coban MZ. 2004. Relationships between fish lengths and otolith length in the population of *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) Inhabiting Keban Dam Lake. *Pakistan Journal of Biology Science*, 7(9): 1550–1553. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2004.1550.1553>
- Bani A, Poursaeid S, Tuset VM. 2013. Comparative morphology of the sagittal otolith in three species of south Caspian Gobies. *Journal of Fish Biology*, 82(4): 1321–1332. <https://doi.org/10.1111/jfb.12073>
- Bostanci D, Polat N, Kurucu G, Yedier S, Kontas S, Darcin M. 2015. Using otolith shape and morphometry to identify four *Alburnus* species (*A. chalcoides*, *A. escherichii*, *A. mossulensis* and *A. tarichi*) in Turkish inland waters. *Journal of Applied Ichthyology*, 31(6): 1013–1022. <https://doi.org/10.1111/jai.12860>
- Burke N, Brophy D, King PA. 2008. Otolith shape analysis: its application for discriminating between stocks of Irish Sea and Celtic Sea herring (*Clupea harengus*) in the Irish Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 65(9): 1670–1675. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn177>
- Cabello MG, Barr EE, Solís EGC, Gómez MP, Boa AG. 2014. Morphometric analysis on sagitta, asteriscus and lapillus of Short-nose Mojarra *Diapterus brevirostris* (Teleostei: Gerreidae) in Cuyutlan coastal Lagoon, Colima, Mexico. *Revista de Biología Marina Y Oceanografía*, 49(2): 209–223. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572014000200004>
- Campana SE. 2004. Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science* Vol. 133. NRC Research Press, Ottawa, Canada. 284 p.
- Campana SE, Casselman JM. 1993. Stock discrimination using otolith shape-analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50(5): 1062–1083. <https://doi.org/10.1139/f93-123>
- Campana SE, Neilson JD. 1985. Microstructure of fish otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42(5): 1014–1032. <https://doi.org/10.1139/f85-127>
- Cardinale M, Doering-Arjes P, Kastowsky M, Mosegaard H. 2004. Effects of sex, stock, and environment on the shape of known-age Atlantic cod (*Gadus morhua*) otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 61(2): 158-167
- Chulin AK, Chen HM. 2013. Comparative morphological study of otoliths in Taiwanese anguilliformes fishes. *Journal of Marine Science and Technology*, 21: 77–85. <https://doi.org/10.6119/JMST-013-1220-3>
- Duarte-Neto P, Lessa R, Stosic B, Morize E. 2008. The use of sagittal otoliths indiscriminating stocks of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) off northeastern Brazil using multishape descriptors. *ICES Journal of Marine Science* 65(7): 1144–1152. <http://doi.org/10.1093/icesjms/fsn090>

- Essington TE, Hunsicker ME, Olson RJ, Maunder MN, Kitchell JF. 2009. Predation, cannibalism, and the dynamics of tuna populations. *Pelagic Fisheries Research Program*, 14(1): 1–4.
- Ferguson GJ, Ward TM, Gillanders BM. 2011. Otolith shape and elemental composition: complementary tools for stock discrimination of mullet (*Argyrosomus japonicus*) in southern Australia. *Fisheries Research*, 110(1): 75–83. <http://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.03.014>
- Fonteneau A, Nishida T, Nakamura I, Seret B. 2009. Schooling finfish: an overview of the tunas, billfishes, and sharks. In: P. Safran (ed.), *Fisheries and Aquaculture*. Oxford, United Kingdom: EOLSS Publishers Co. Ltd. pp. 42–79.
- Gauldie RW, Crampton JS. 2002. An ecomorphological explanation of individual variability in the shape of the fish otolith: comparison of the otolith of *Hoplostethus atlanticus* with other species by depth. *Journal of Fish Biology*, 60(5): 1204–1221. <https://doi.org/10.1006/jfbi.2002.1938>
- He T, Cheng J, Qin J, Li Y, Gao T. 2017. Comparative analysis of otolith morphology in three species of Scomber. *Ichthyological Research*, 65(2): 192–201. <http://doi.org/10.1007/s10228-017-0605-4>
- Homayuni H, Marjani M, Sabet HM. 2013. Descriptive key to otoliths of three *Sardinella* species (Pisces, Clupeidae) from the Northern Oman Sea. *AACL Bioflux*, 6(3): 211–221.
- Hunsicker ME, Olson RJ, Essington TE, Maunder MN, Duffy LM, Kitchell JF. 2012. Potential for top-down control on tropical tunas based on structure of predator-prey interactions. *Marine Ecology Progress Series*, 445: 263–277. <https://doi.org/10.3354/meps09404>
- Hussy K, Mosegaard H, Albertsen CM, Nielsen EE, Hansen JH, Eero M. 2016. Evaluation of otolith shape as a tool for stock discrimination in marine fishes using Baltic Sea cod as a case study. *Fisheries Research*, 174: 210–218. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.10.010>
- Jawad LA, Al-Jufaili SA, Al-Shuhaily SS. 2008. Morphology of the otolith of the greater lizardfish *Saurida tumbil* (Pisces: Synodontidae). *Journal of Natural History*, 42(35–36): 2321–2330. <https://doi.org/10.1080/00222930802130278>
- Jawad LA, Ambuali A, Al-Mamry JM, Al-Busaidi HK. 2011. Relationship between fish length and otolith length, width and weight of the Indian mackerel *Rastrelliger kanagurta* (Cuvier, 1817) collected from the Sea of Oman. *Ribarstvo*, 69(2): 51–61.
- Libungan LA, Palsson S. 2015. ShapeR: An R Package to study otolith shape variation among fish populations. *PLoS ONE*, 10(3): 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121102>
- Libungan LA, Oskarsson GJ, Slotte A, Jacobsen JA, Palsson S. 2015. Otolith shape: a population marker for Atlantic herring *Clupea harengus*. *Journal of Fish Biology*, 86(4): 1377–1395. <https://doi.org/10.1111/jfb.12647>
- Nielsen JR, Methven DA, Kristensen K. 2010. A statistical discrimination method using sagittal otolith dimensions between sibling species of juvenile cod *Gadus morhua* and *Gadus ogac* from the northwest Atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 43: 27–45. <https://doi.org/10.2960/J.v43.m667>
- Pascoe PL. 1986. Fish otoliths from the stomach of a thresher shark. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 66(2), 315–317. <https://doi.org/10.1017/S0025315400042958>
- Polito MJ, Trivelpiece WZ, Karnovsky NJ, Elizabeth Ng, Patterson WP, Emslie SD. 2011. Integrating stomach content and stable isotope analyses to quantify the diets of pygoscelid penguins. *PLoS ONE*, 6(10): 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0026642>
- Ponton D. 2006. Is geometric morphometrics efficient for comparing otolith shape of different fish species?. *Journal of Morphology*, 267(6): 750–757. <https://doi.org/10.1002/jmor>
- Popper AN, Ramcharitar J, Campana SE. 2005. Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. *Marine and Freshwater Research*, 56(5): 497–504. <https://doi.org/10.1071/MF04267>
- Reichenbacher B, Reichard M. 2014. Otoliths of five extant species of the annual killifish

- Nothobranchius from the East African savannah. *PLoS ONE*, 9(11): 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112459>
- Reichenbacher B, Sienknecht U, Küchenhoff H, Fenske N. 2007. Combined otolith morphology and morphometry for assessing taxonomy and diversity in fossil and extant killifish (Aphanius, Prolebias). *Journal of Morphology*, 268(10): 898–915. <https://doi.org/10.1002/jmor.10561>
- Sadighzadeh Z, Otero-Ferrer JL, Lombarte A, Fatemi MR, Tuset VM. 2014. An approach to unraveling the coexistence of snappers (Lutjanidae) using otolith morphology. *Scientia Marina*, 78(3): 353–362. <https://doi.org/10.3989/scimar.03982.16C>
- Sadighzadeh Z, Tuset VM, Valinassab T, Dadpour MR, Lombarte A. 2012. Comparison of different otolith shape descriptors and morphometrics for the identification of closely related species of Lutjanus spp. from the Persian Gulf. *Marine Biology Research*, 8(9): 802–814. <https://doi.org/10.1080/17451000.2012.692163>
- Santificetur C, Conversani VRM, Brenha-Nunes MR, Giaretta MB, Siliprandi CC, Rossi-Wongtschowski CLDB. 2017. Atlas of marine bony fish otoliths (sagittae) of Southeastern-Southern Brazil Part V: Perciformes (Sparidae, Sciaenidae, Polynemiidae, Mullidae, Kyphosidae, Chaetodontidae, Mugilidae, Scaridae, Percophidae, Pinguipedidae, Blenniidae, Gobiidae, Ehippidae, Sphyraenidae, Gempylidae, Trichiuridae, Scombridae, Ariommatidae, Stromateidae and Caproidae). *Brazilian Journal of Oceanography*, 65(2): 201–257. <http://doi.org/10.1590/S1679-87592017131006502>
- Secor DH, Dean JM, Laban EH. 1992. Otolith removal and preparation for microchemical examination. In: D.Stevenson and S. Campana (Eds), *Otolith microstructure examination and analysis*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences Volume. 117. Ottawa, Canada: pp. 19–57.
- Seyfabadi J, Afshari M, Valinassab T. 2014. Otolith morphology and body size relationships of *Nemipterus japonicus* (Bloch, 1791) in the Northern Oman Sea. *Indian Journal of Fisheries*, 61(2): 112–117.
- Sparre P, Venema SC. 1999. *Introduksi Pengkajian Ikan Tropis Buku 1: Manual*. Diterjemahkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. 438 p.
- Tuset VM, Lombarte A, Assis CA. 2008. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina*, 72(72S1): 7–198. <https://doi.org/10.3989/scimar.2008.72s17>
- Tuset VM, Lombarte A, González JA, Pertusa JF, Lorente MJ. 2003. Comparative morphology of the sagittal otolith in *Serranus* spp. *Journal of Fish Biology*, 63(6): 1491–1504. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2003.00262.x>
- Tuset VM, Rosin PL, Lombarte A. 2006. Sagittal otolith shape used in the identification of fishes of the genus *Serranus*. *Fisheries Research*, 81(2–3): 316–325. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.06.020>
- Valinassab T, Seyfabadi J, Homayuni H, Afraie Bandpei MA. 2012. Relationships between fish size and otolith morphology in ten clupeids from the Persian Gulf and Gulf of Oman. *Cybiurn*, 36(4): 505–509.
- Vignon M. 2012. Ontogenetic trajectories of otolith shape during shift in habitat use: interaction between otolith growth and environment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 420–421: 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.03.021>
- Wujdi A, Setyadji B, Nugroho SC. 2017. Identifikasi struktur stok ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) di Samudra Hindia (WPP NRI 573) menggunakan analisis bentuk otolith. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 23 (2): 77–88. <http://doi.org/10.15578/jppi.23.2.2017.77-88>
- Yilmaz S, Yazicioglu O, Saygin S, Polat N. 2014. Relationships of otolith dimensions with body length of European perch, *Perca fluviatilis* L., 1758 from Lake Ladik, Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, 46(5): 1231–1238.
- Yilmaz S, Yazicioglu O, Yazici R, Polat N. 2015. Relationships between fish length and otolith size for five cyprinid species from Lake Ladik, Samsun, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 39(3): 438–446. <https://doi.org/10.3906/zoo-1403-58>
- Zengin M, Saygin S, Polat N. 2015. Otolith shape analyses and dimensions of the An-

- chovy *Engraulis encrasicolus* L in the Black and Marmara Seas. *Sains Malaysiana*, 44(5), 657–662.
- Zischke MT, Litherland L, Tilyard BR, Stratford NJ, Jones EL, Wang Y. 2016. Otolith morphology of four mackerel species (*Scomberomorus* spp.) in Australia: Species differentiation and prediction for fisheries monitoring and assessment. *Fisheries Research*, 176: 39–47. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.12.003>
- Zorica B, Sinovèiæ G, Èikeškeè V. 2010. Preliminary data on the study of otolith morphology of five pelagic fish species from the Adriatic Sea (Croatia). *Acta Adriatica*, 51(1): 89–96.