

Corrections

Author
2017-11-08 10:57 AM

Subject: IDENTIFIKASI STRUKTUR STOK IKAN CAKALANG
(Katsuwonus pelamis Linnaeus, 1758) DI SAMUDRA HINDIA (WPP
NRI 573) MENGGUNAKAN ANALISIS BENTUK OTOLITH

Perubahan 1 : Bagian ABSTRAK *saggittae* **menjadi** *sagittae* dengan format italic ✓

Perubahan 2: Bagian ABSTRAK *of principal* **menjadi** *of principal* (dipisah dengan spasi) ✓

Perubahan 3: Bagian ABSTRACT Binuangan **menjadi** Binuangeun ✓

Perubahan 4: Bagian ABSTRACT a single stok for skipjack **menjadi** a single stok of skipjack tuna was define in the Indian Ocean ✓

Perubahan 5: Bagian ABSTRACT purpose **menjadi** purposes ✓

Author
2017-11-08 11:15 AM

Subject: IDENTIFIKASI STRUKTUR STOK IKAN CAKALANG
(Katsuwonus pelamis Linnaeus, 1758) DI SAMUDRA HINDIA (WPP
NRI 573) MENGGUNAKAN ANALISIS BENTUK OTOLITH

Perubahan 6: Halaman 78 Bagian Pendahuluan Paragraf 4 banyak stok **menjadi** banyak populasi ✓

Perubahan 7: Halaman 78 Bagian Pendahuluan Paragraf 4 1 unit stok saja **menjadi** satu populasi saja ✓

Perubahan 8: Halaman 78 Bagian Pendahuluan Paragraf 6 kata ~~WPP NRI 573~~ yang kedua dihapus saja ✓

Perubahan 9: Halaman 79 **Sub Bagian Pengamatan Morfologi Otolith** Diberi 1 spasi sebelum text (agar ada jarak) ✓

Perubahan 9: Halaman 79 Sub Bagian Pengamatan Morfologi Otolith --> Manipulasi kontras agar diberi 1 spasi sebelum text (agar ada jarak) ✓

Perubahan 10: Halaman 80 Sub Bagian **Analisis Data** --> agar diberi 1 spasi sebelum text (agar ada jarak) ✓

Author
2017-11-08 11:47 AM

Subject: IDENTIFIKASI STRUKTUR STOK IKAN CAKALANG
(Katsuwonus pelamis Linnaeus, 1758) DI SAMUDRA HINDIA (WPP
NRI 573) MENGGUNAKAN ANALISIS BENTUK OTOLITH

Perubahan 11: Halaman 82 Figure 5 --> population **menjadi** populations ✓

Perubahan 12: Halaman 83 Table 2 --> K.pelamis **menjadi** *K.pelamis* (format italic) ✓

Perubahan 13: Halaman 83 Paragraf 4 kalimat ke-2 --> terdiri dari 1 stok **menjadi** merupakan stok tunggal ✓

Perubahan 14: Halaman 83 Paragraf 5 kalimat ke-4 --> "Hal tersebut yang ditunjukkan" dihapus dan diganti **menjadi** "Selanjutnya, pergerakan upwelling ini diikuti" ✓

Perubahan 15: Halaman 83 Paragraf 5 kalimat ke-4 --> pergerakan CPUE ditambahkan **menjadi** pergerakan CPUE cakalang ✓

Author
2017-11-08 11:58 AM

Subject: IDENTIFIKASI STRUKTUR STOK IKAN CAKALANG
(Katsuwonus pelamis Linnaeus, 1758) DI SAMUDRA HINDIA (WPP
NRI 573) MENGGUNAKAN ANALISIS BENTUK OTOLITH

Perubahan 16: Halaman 84 Bagian Kesimpulan kalimat ke-3 --> "terdiri dari 1 stok" diganti **menjadi** "merupakan stok tunggal" ✓

Perubahan 17: Halaman 84 Bagian Kesimpulan kalimat ke-5 --> "jenis-jenis tuna" diganti **menjadi** "ikan tuna" ✓

Perubahan 18: Halaman 84 Bagian Kesimpulan kalimat ke-6 --> "share stock" diganti **menjadi** "*shared stock*" (format italic) ✓

Author
2017-11-08 12:01 PM

Subject: IDENTIFIKASI STRUKTUR STOK IKAN CAKALANG
(Katsuwonus pelamis Linnaeus, 1758) DI SAMUDRA HINDIA (WPP

NRI 573) MENGGUNAKAN ANALISIS BENTUK OTOLITH

Yth. Redaksi Pelaksana JPPI

Secara keseluruhan sudah ok, namun ada perubahan minor (pengantian format, kata, dan kalimat pendek). Berikut saya sampaikan 18 perubahan atas naskah proof reading tersebut.

Atas perhatian Bapak/Ibu diucapkan terima kasih.

salam,

Arief Wujdi

Author
2017-11-08 12:19 PM

Subject: IDENTIFIKASI STRUKTUR STOK IKAN CAKALANG
(Katsuwonus pelamis Linnaeus, 1758) DI SAMUDRA HINDIA (WPP
NRI 573) MENGGUNAKAN ANALISIS BENTUK OTOLITH

Maaf ada yg terlewat..

Untuk kasus perubahan 1, yaitu pengantian penulisan saggittae menjadi sagittae, mohon dicek pada bagian lainnya dengan ctrl-F. Apabila menemukan hal yang sama, mohon dapat diganti juga..

terima kasih

Subject

IDENTIFIKASI STRUKTUR STOK IKAN CAKALANG (Katsuwonus pelamis Linnaeus, 1758) DI SAMUDRA HINDIA (WPP NRI 573) MENGGUNAKAN ANALISIS BENTUK OTOLITH

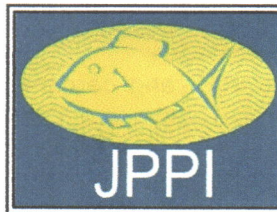
Comments *

Save

Save and email

Close

* Denotes required field



Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jppi>

e-mail: jppi.puslitbangkan@gmail.com

JURNAL PENELITIAN PERIKANAN INDONESIA

Volume 23 Nomor 2 Juni 2017

p-ISSN: 0853-5884

e-ISSN: 2502-6542

Nomor Akreditasi: 653/AU3/P2MI-LIPI/07/2015



IDENTIFIKASI STRUKTUR STOK IKAN CAKALANG (*Katsuwonus pelamis*) DI SAMUDRA HINDIA (WPP NRI 573) MENGGUNAKAN ANALISIS BENTUK OTOLITH

STOCK STRUCTURE IDENTIFICATION OF SKIPJACK TUNA (*Katsuwonus pelamis*) IN INDIAN OCEAN (INDONESIAN TERRITORY OF FMA 573) USING OTOLITH SHAPE ANALYSIS

(Linnaeus, 1758)

Arief Wujdi^{1*}, Bram Setyadji¹, Suciadi Catur Nugroho¹

¹ Loka Penelitian Perikanan Tuna, Denpasar, Jl. Mertasari No.140, Banjar Suwung Kangin, Sidakarya, Denpasar, Bali. 80223, Indonesia

Teregistrasi | tanggal: 22 Mei 2017; Diterima setelah perbaikan tanggal: 15 Agustus 2017; Disetujui terbit tanggal: 21 Agustus 2017

ABSTRAK

Ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) yang tersebar luas di Samudra Hindia selatan Jawa, Bali dan Nusa Tenggara telah dieksploitasi secara ~~massif~~ dengan berbagai alat tangkap. Pengelolaannya saat ini belum rasional karena masih diasumsikan sebagai unit stok tunggal tanpa adanya bukti ilmiah sehingga rentan mengalami lebih tangkap. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur stok ikan cakalang dengan teknik analisis bentuk otolith. Sampel otolith (sagittae) dikumpulkan pada bulan April, Agustus, dan September tahun 2016 di 4 lokasi, yaitu: Binuangeun, Sadeng, Prigi, dan Labuhan Lombok. Rekonstruksi bentuk otolith dilakukan dengan pendekatan *outline analysis* menggunakan teknik transformasi *discrete wavelet*. Uji statistik multivariate dengan kluster analisis menggunakan *canonical analysis of principal* (CAP) dan uji ANOVA-like *permutation* juga diterapkan untuk menentukan signifikansi antar populasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis bentuk otolith dapat digunakan sebagai penanda yang akurat untuk mengidentifikasi struktur stok. Bentuk otolith ikan cakalang bervariasi khususnya pada bagian rostrum, namun tidak berbeda nyata antar populasi ($p > 0,001$). Hal tersebut berarti struktur stok ikan cakalang di Samudra Hindia (WPP NRI573) terdiri dari 1 populasi yang bergerak mengikuti pola perubahan lingkungan perairan di sepanjang Samudra Hindia.

Kata Kunci: Bentuk otolith; struktur stok; ikan cakalang; Samudra Hindia

ABSTRACT

Skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) regarded as cosmopolitan species and distributed vastly along the Indian Ocean south of Java, Bali and Nusa Tenggara. Known to have high exploitation by various fishing gear but yet it always managed as a single stock, not because of scientific evidence but merely based on "a scientific assumption", so that vulnerable to subject of overfishing. The objective of this study was to find alternative tool for identifying the stock structure based on the otolith shape. Sampling location took place in four regions, namely: Binuangen, Sadeng, Prigi and Labuhan Lombok. Otolith (sagittae) samples was collected during April, August, and September 2016. The otolith shape was reconstructed using outline analysis with discrete wavelet transformation technique. Multivariate statistic with cluster analysis using canonical analysis of principal (CAP) and ANOVA-like permutation test were also implemented to determine the signification among populations. The result showed that skipjack's otolith shape was varied from one and another, especially in rostrum. But it wasn't statistically different among regions ($p > 0.001$), which means a single stock for skipjack was defined in the Indian Ocean (Indonesian territory of FMA 573). This study also proved that otolith shape can be useful marker tool to identify stock structure for management purpose.

Keywords: Otolith shape; stock structure; skipjack tuna; Indian Ocean

PENDAHULUAN

Ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) merupakan species yang bermigrasi jauh (*highly migratory species*) dan bersifat kosmopolitan yang tersebar di perairan tropis dan sub tropis (Arai *et al.*, 2005). Menurut Dueri *et al.* (2012), ikan cakalang terdistribusi secara merata di Samudra Hindia, termasuk di wilayah Indonesia, yang meliputi Samudra Hindia barat Sumatra, selatan Jawa, Bali dan Nusa Tenggara, serta perairan Indonesia bagian timur, meliputi Laut Sulawesi, Maluku, Arafuru, Banda, Flores, Selat Makassar, dan Samudra Pasifik (Uktolseja, 1989 dalam Rochman *et al.*, 2015).

Penyebaran, pergerakan, dan kerentanannya dipengaruhi oleh habitat yang disukainya. Keberadaan mangsa, suhu yang sesuai dan oksigen yang mencukupi sangat berpengaruh nyata terhadap kelangsungan hidup ikan cakalang. Sebagai konsekuensinya, distribusi spasial ikan cakalang bersifat musiman dan berpola tahunan (Mugo *et al.*, 2010) dan hal ini terkait dengan dinamika faktor lingkungan khususnya lokasi tempat mencari makan atau biasa disebut *forage habitat* (Andrade & Garcia, 1999).

Sifat penyebarannya yang luas dan banyaknya interaksi dengan berbagai alat tangkap, membuat ikan cakalang rentan terhadap pemanfaatan berlebih. Ikan cakalang yang tersebar di perairan Samudra Hindia di wilayah teritori Indonesia telah dimanfaatkan secara komersial menggunakan alat tangkap pukat cincin, jaring insang, pancing ulur (Rochman *et al.*, 2015), dan pancing tonda (Setyadi & Nugraha, 2015). Menurut Rochman *et al.* (2015), adanya pemanfaatan yang massif dengan melibatkan berbagai alat tangkap ini mengakibatkan tingkat pemanfaatan cakalang di Samudra Hindia khususnya di wilayah teritori Indonesia berada pada kondisi optimum sehingga perlu kehati-hatian dan ketepatan dalam pengelolaannya. Menurut IOTC (2016), secara umum status stok ikan cakalang tahun 2014 di Samudra Hindia berada pada kondisi yang baik dan belum terjadi lebih tangkap.

Pemahaman tentang struktur stok merupakan hal yang fundamental dalam pengelolaan perikanan (Hussy *et al.*, 2016). Saat ini pengelolaan perikanan di Indonesia telah diterapkan berdasarkan wilayah perairan yang dikenal sebagai Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP). Disisi lain, unit stok ikan cakalang belum diidentifikasi secara jelas, setidaknya belum ada hasil penelitian yang menjelaskan struktur stok ikan cakalang di perairan Indonesia, khususnya di Samudra Hindia. Hal ini mengakibatkan kekosongan informasi apakah unit stok ikan cakalang di Samudra

Hindia terdiri dari banyak stok yang bercampur menjadi satu (*mixed stock*) atau hanya terdiri dari 1 unit stok saja (*single stock*).

Seiring dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan, maka semakin banyak teknik analisis yang telah digunakan untuk mengidentifikasi stok ikan di perairan laut Indonesia, seperti morfometrik meristik (Fitriadi, 2013; Pramithasari *et al.*, 2017; Sahabuddin *et al.*, 2015), kandungan simbiosis/parasit (Moore *et al.*, 2003), penandaan atau *tagging* (Williams, 2009), genetik molekuler (Akbar *et al.*, 2014; Fakhri *et al.*, 2015; Nugraha *et al.*, 2011; Zamroni *et al.*, 2016; Zamroni *et al.*, 2014), serta teknik analisis kimia otolith (Newman *et al.*, 2000). Namun, tingginya faktor biaya, tenaga kerja dan lamanya waktu analisis yang diperlukan seringkali menjadi pertimbangan dalam pelaksanaan penelitian identifikasi stok ikan. Hal tersebut memberi peluang bagi para peneliti untuk mengembangkan teknik analisis yang lebih efisien salah satunya dengan teknik analisis bentuk otolith yang masih jarang digunakan di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi stok ikan cakalang di Samudra Hindia (WPP NRI 573) menggunakan analisis bentuk otolith. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan yang kuat dalam mendukung pengelolaan ikan cakalang di WPP NRI 573 sesuai dengan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 107/KEPMEN-KP/2015 tentang Rencana Pengelolaan Perikanan Tuna, Cakalang dan Tongkol, khususnya di Samudra Hindia.

BAHAN DAN METODE

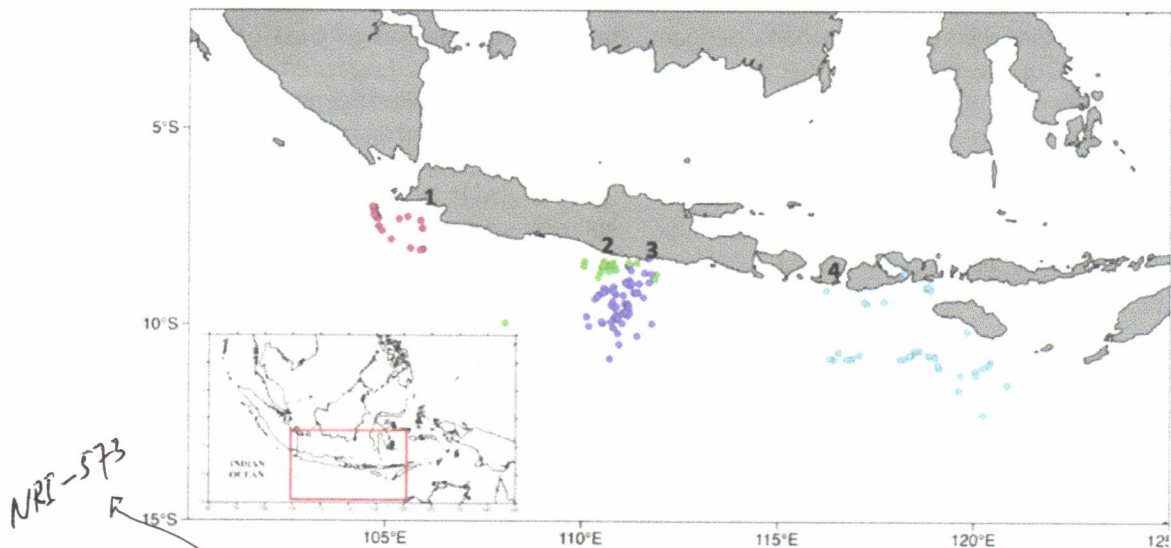
Pengumpulan dan Penanganan Sampel

Ikan cakalang yang disampling merupakan hasil tangkapan pancing ulur dan pukat cincin skala rakyat. Pengumpulan sampel dilakukan pada bulan April, Agustus, dan September di 4 lokasi, yaitu Binuangun, Sadeng, Prigi, dan Labuhan Lombok (Gambar 1 dan Tabel 1). Data biologi yang dikumpulkan meliputi panjang cagak (cm), berat tubuh (gram), jenis kelamin, tingkat kematangan gonad (TKG) secara visual dan histologi, serta sampel otolith (*saggittae*). Pengamatan TKG secara visual dibagi menjadi 5 kriteria berdasarkan Effendie (1979). Pengamatan secara histologi dilakukan hanya pada ikan betina berdasarkan 5 kriteria menurut Davis *et al.*, (1999) yang diuraikan pada Lampiran 1 dan 2.

Sampel otolith diambil dengan metode *open the hatch* (Secor *et al.*, 1992), yaitu dengan membuat 2 pola potongan secara vertikal dan horizontal di bagian atas kepala ikan dan dibelakang mata hingga bagian

otak terekspose sempurna. Selanjutnya, bagian otak dibersihkan hingga nampak rongga *otolith*. *Otolith* diambil dengan pinset dengan bagian ujung yang lancip dan tanpa gerigi. Kemudian *otolith* dibersihkan

dengan *aquadest* untuk menghilangkan jaringan dan lendir yang masih tersisa kemudian dimasukkan ke dalam kapsul plastik (BEEM RB001 size 00) yang telah diberi label lalu dikeringkan pada suhu ruangan.



Gambar 1. Lokasi pengumpulan sampel otolith ikan cakalang (*K. pelamis*) di sepanjang Samudra Hindia (WPP NRI573) (1) Binuangeun, (2) Sadeng, (3) Prigi, dan (4) Labuhan Lombok. Daerah penangkapan digambarkan dengan titik-titik berwarna, yaitu Binuangeun (merah), Sadeng (hijau), Prigi (ungu), dan Labuhan Lombok (biru).

Figure 1. Sampling location for skipjack tuna (*K. pelamis*) otoliths: (1) Binuangeun, (2) Sadeng, (3) Prigi, dan (4) Labuhan Lombok. The dots were representing fishing ground where Binuangeun (red), Sadeng (green), Prigi (purple), and Labuhan Lombok (blue).

Tabel 1. Pengumpulan sampel otolith ikan cakalang (*K. pelamis*) dari hasil tangkapan perikanan tuna skala kecil.

Table 1. Data collection of analysed otolith samples of skipjack tuna (*K. pelamis*) caught from small-scale tuna fisheries by.

Lokasi/ Location	Alat tangkap/ Gear	Waktu sampling/ sampling time	Jumlah ikan/ Number of fish	Panjang cagak/ Forklength (cm)
Binuangeun (BIN)	Pancing ulur, Pukat cincin	April, Agustus, dan September	56	37,5-58,0
Sadeng (SAD)	Pancing ulur, Pukat cincin	Agustus dan September	53	34,0-54,0
Prigi (PRI)	Pancing ulur	September	37	35,0-51,0
Labuhan Lombok (LOM)	Pancing ulur	September	80	41,0-63,5

Pengamatan Morfologi Otolith

Otolith yang telah terkumpul kemudian disortir dimana hanya yang utuh dan komplit (sepasang kiri dan kanan) yang akan dianalisis. Gambar *otolith* diamati menggunakan stereomikroskop (Carl Zeiss Stemi 2000C) yang terkoneksi dengan kamera digital (axioCam 5MP) dengan latar belakang berwarna hitam dan perbesaran 6,5 kali. Gambar diambil dalam bentuk berwarna (RGB) dalam format file *.jpg dan dilengkapi skala untuk membandingkan kerapatan gambar (pixel) dalam setiap satuan panjang (mm).

Manipulasi kontras dan kecerahan pada gambar juga diterapkan seperlunya menggunakan piranti lunak ImageJ dan GIMP2 yang dapat diakses secara bebas berturut-turut pada laman <http://rsbweb.nih.gov/ij/> dan <http://gimp.org/downloads>. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan batas-batas yang nyata antara tepian otolith dan warna latar belakang gambar sehingga diperoleh garis batas yang jelas dan dihasilkan data morfometrik yang paling akurat. Untuk memudahkan saat pengambilan gambar *otolith* diposisikan dengan *sulcus acusticus* menghadap ke bawah dengan bagian *rostrum* berada pada bagian kiri (Gambar 2a).

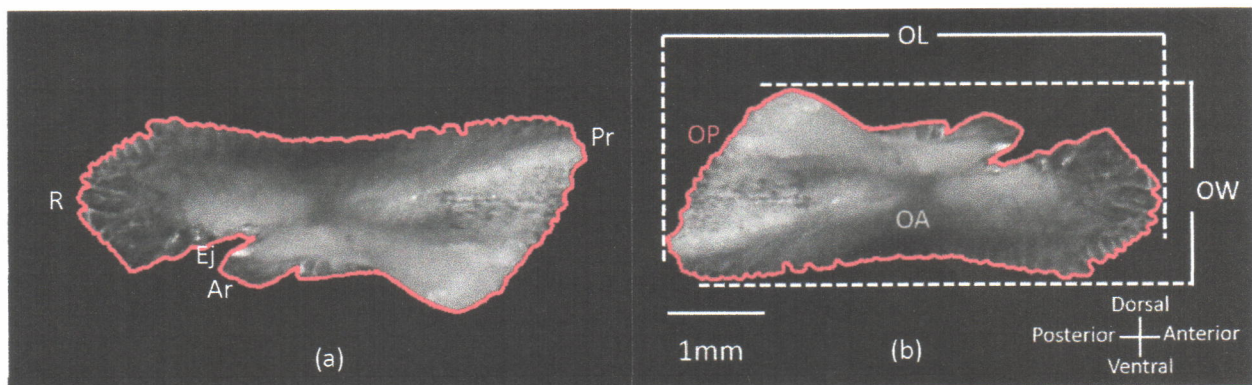
Analisis Data

Penentuan Bentuk Otolith

Gambar *otolith* dianalisis secara 2 dimensi dengan program R (R Core team, www.r-project.org), menggunakan paket "ShapeR" (Libungan & Palsson, 2015) dan Pixmap (Bivand *et al.*, 2011). Penentuan garis luar *otolith* dilakukan dengan fungsi CONTE dalam paket program R (Claude, 2008) sehingga diperoleh data morfometrik *otolith*. Data morfometrik yang dikumpulkan meliputi ukuran panjang, lebar, keliling, dan luas *otolith* (Gambar 2b).

Panjang *otolith* (*otolith length* atau O_L , dalam satuan mm) didefinisikan sebagai jarak mendatar terjauh antara bagian anterior dan posterior. Lebar

otolith (*otolith width* atau O_W , mm) merupakan jarak terjauh secara vertikal antara sisi dorsal dan ventral. Keliling *otolith* (*otolith perimeter* atau O_P , mm) merupakan panjang total garis terluar yang mengelilingi *otolith*. Luas area *otolith* (*otolith area* atau O_A , mm²) didefinisikan sebagai luas keseluruhan area/wilayah *otolith* yang dibatasi oleh garis terluar (Aguera & Brophy, 2011; Zischke *et al.*, 2016; Zorica *et al.*, 2010). Hasil pengukuran morfometrik *otolith* selanjutnya dinormalisasi dengan membagi koordinat masing-masing *otolith* dengan akar kuadrat luas area *otolith* (O_A). Normalisasi tersebut bertujuan untuk menghilangkan bias pada ukuran *otolith* yang disebabkan adanya perbedaan ukuran panjang cakak ikan (Bacha *et al.*, 2014; Libungan *et al.*, 2015; Libungan & Palsson, 2015; Zischke *et al.*, 2016).



Keterangan: Morfologi otolith pada Gambar 2a: Rostrum (R), Antirostrum (Ar), Postrostrum (Pr), dan Excisura Major (Ej); sumbu pengukuran morfometri otolith pada Gambar 2b: Panjang otolith (O_L), Lebar otolith (O_W), Keliling otolith (O_P), dan Luas otolith (O_A)

Remarks: Otolith morphology on Figure 2a: Rostrum (R), Antirostrum (Ar), Postrostrum (Pr), dan Excisura Major (Ej); measurement axes of otolith morphometry on Figure 2b: otolith length (O_L), otolith width (O_W), otolith perimeter (O_P), dan otolith area (O_A)

Gambar 2. (a) Posisi otolith untuk analisis garis terluar dan nomenklatur morfologinya; (b) sumbu pengukuran morfometri otolith ikan cakalang (*K. pelamis*). Garis merah merupakan hasil ekstraksi garis terluar otolith dengan paket "ShapeR" untuk menentukan variasi antar populasi.

Figure 2. (a) Otolith position for outline analysis and its morphological nomenclature; (b) measurement axes for otolith morphometry of skipjack tuna (*K. pelamis*). The result of otolith outline extraction using "ShapeR" package shown as the red line to determine variation among populations.

Rekonstruksi Bentuk Otolith

Rekonstruksi bentuk otolith dilakukan dengan pendekatan analisis garis luar *otolith* (*outline analysis*), yaitu dengan teknik transformasi *discrete wavelet*. Teknik transformasi *discrete wavelet* dipilih karena dapat menjangkau tepian bentuk *otolith* secara detail sehingga cocok untuk membedakan bagian bentuk *otolith* berdasarkan bagian-bagian morfologinya secara lebih akurat (Libungan *et al.*, 2015). Nilai koefisien bentuk wavelet independen diperoleh dengan mentransformasi wavelet pada jarak yang sama

menggunakan paket Wavethresh dalam program R (Nason, 2012).

Level wavelet yang digunakan adalah 10 sehingga dihasilkan 64 koefisien wavelet dengan tingkat akurasi 98,5% (Libungan *et al.*, 2015). Rekonstruksi bentuk *otolith* divisualisasikan dalam bentuk matriks koordinat x dan y serta sudut 0-360° dengan pola peredaran berlawanan dengan arah jarum jam. Rekonstruksi variasi bentuk *otolith* juga diplotkan dengan bagian morfologi *otolith* melalui nomenklatur menurut Wujdi *et al.* (2016) dan <http://>

isis.cmima.csic.es/aforo/oto-glo.jsp yang meliputi bagian *Rostrum* (R), *Antirostrum* (Ar), *Postrostrum* (Pr), dan *Excisura Major* (Ej) (Gambar 2a). Radius jarak dari pusat *otolith* (*centroid*) ke garis terluar *otolith* ditentukan dengan menggunakan fungsi REGULAR-RADIUS (Claude, 2008).

Analisis Statistik

Analisis terhadap variasi bentuk *otolith* dilakukan dengan analisis multivariat, yaitu menggunakan analisis kluster dengan menggunakan *Canonycal Analysis of Principal Coordinates* (CAP) (Anderson & Willis, 2003) terhadap panjang *wavelet* yang telah distandarisasi. Analisis dilakukan menggunakan fungsi CAPSCALE pada paket Vegan dalam program R (Oksanen et al., 2013). Pengujian menggunakan *ANOVA-like permutation test* yang juga diterapkan untuk menguji signifikansi perbedaan bentuk *otolith* dari keempat populasi. Level permutasi yang digunakan adalah 1000 sehingga nilai *P-value* terkecil dimungkinkan adalah 0,001. Analisis *ANOVA-like permutation test* dilakukan dengan paket Vegan dalam program R.

HASIL DAN BAHASAN

Hasil

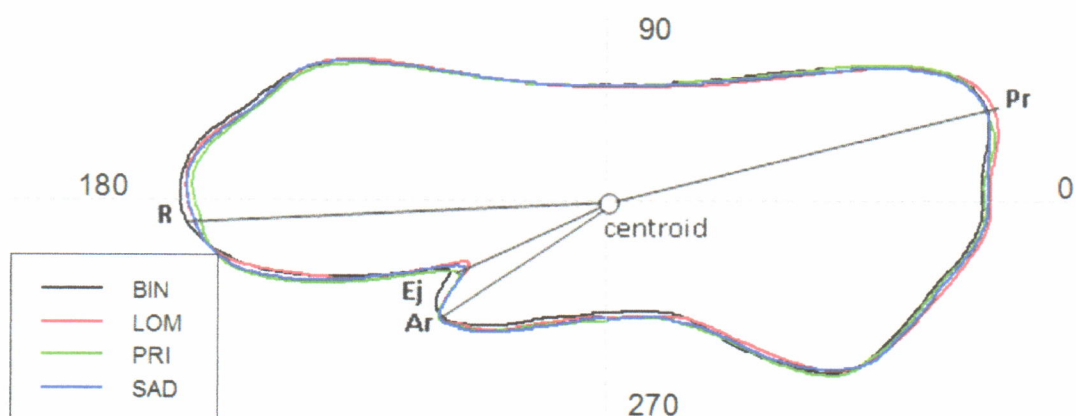
Perbedaan bentuk *otolith* dari keempat populasi cakalang, yaitu Binuangun (BIN), Sadeng (SAD), Prigi (PRI), dan Labuhan Lombok (LOM), direkonstruksi dengan memplotkan rata-rata bentuk *otolith* dari setiap populasi menggunakan koefisien *Wavelet*. Variasi bentuk *otolith* dari keempat populasi terhadap bagian morfologi terluar *otolith*, yaitu *Postrostrum* (Pr), *rostrum* (R), *antirostrum* (Ar), dan

excisura major (Ej) direkonstruksi secara visual pada Gambar 3.

Berdasarkan pengukuran radius jarak antara *centroid* dengan bagian *postrostrum* (Pr), populasi LOM memiliki jarak terjauh dibandingkan ketiga populasi lainnya yang memiliki jarak relatif sama. Selanjutnya, pada bagian *rostrum* (R), populasi BIN memiliki jarak yang terjauh dengan *centroid*, sedangkan yang terdekat adalah populasi PRI. Dilihat dari bagian *excisura major* (Ej), nampak bahwa populasi BIN memiliki jarak yang terjauh dengan *centroid*, sedangkan populasi LOM memiliki jarak yang terdekat. Sedangkan jika dilihat pada bagian *antirostrum* (Ar), *otolith* dari keempat populasi memiliki jarak yang sama diukur dari *centroid*.

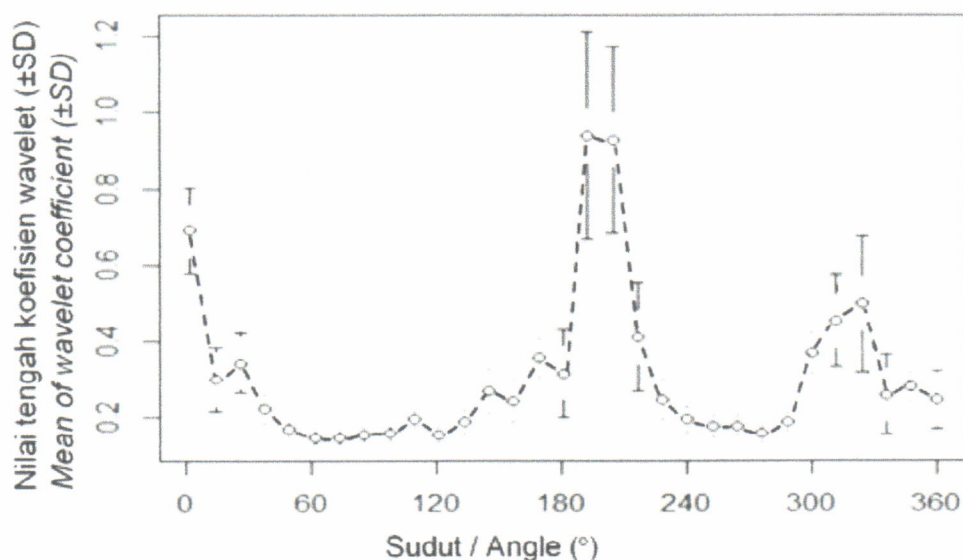
Radius jarak antara *centroid* dan batas terluar otolith ditegaskan kembali dengan nilai tengah (*mean*) koefisien *wavelet* yang diplotkan pada setiap koordinat (Gambar 4). Koordinat tersebut merepresentasikan bagian terluar *otolith* (sesuai Gambar 2a dan 3). Koefisien *wavelet* memiliki nilai tengah tertinggi pada koordinat 192-204° yang merepresentasikan bagian *rostrum* (R). Hal tersebut berarti bagian *rostrum* memiliki variasi tertinggi antar populasi.

Variasi bentuk *otolith* ikan cakalang dari 4 populasi juga diidentifikasi secara statistik multivariat dengan analisis kluster menggunakan *the canonical analysis of principal coordinates* (CAP). Sumbu axis pertama (CAP1) menjelaskan adanya 66,1% variasi bentuk *otolith* diantara keempat populasi ikan cakalang, sedangkan sumbu kedua (CAP2) menjelaskan 22,9% variasi dan terdapat 11% variasi yang tidak dapat dijelaskan (Gambar 5).



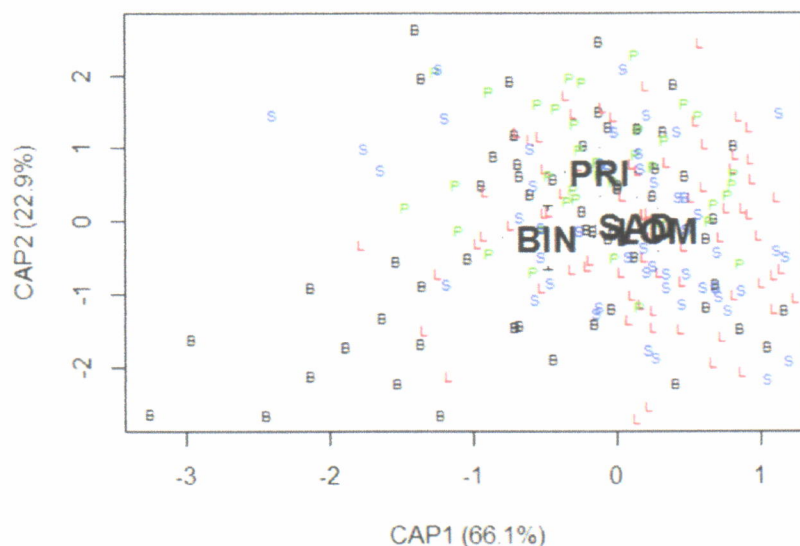
Gambar 3. Nilai tengah bentuk *otolith* berdasarkan rekonstruksi *Wavelet* yang dipadukan dengan sudut dalam satuan derajat (°).

Figure 3. Mean otolith shape based on *Wavelet* reconstruction integrated with angle in degrees (°) as unit.



Gambar 4. Nilai tengah $\pm$ standar deviasi koefisien wavelet *otolith* dari seluruh populasi yang dipadukan dengan sudut dalam satuan derajat ($^{\circ}$).

Figure 4. Mean $\pm$ standard deviation of Wavelet coefficient for all combined otoliths integrated with angle in degrees ($^{\circ}$) as unit.



Gambar 5. Skor kanonik koefisien wavelet pada sumbu diskriminan 1 dan 2 untuk masing-masing populasi ikan cakalang (*K. pelamis*).

Figure 5. Canonical score of wavelet coefficients on discriminating axis 1 and 2 for each skipjack tuna population (*K. pelamis*).

Sumbu axis pertama (CAP1) menjelaskan bahwa populasi BIN berbeda dengan SAD, PRI, LOM, sedangkan sumbu kedua (CAP2) menjelaskan bahwa populasi PRI berbeda dengan BIN, SAD, dan LOM. Pengujian variasi bentuk *otolith* juga dilakukan dengan

uji ANOVA-like permutation ($n=1000$). Berdasarkan hasil uji ANOVA dengan permutasi menunjukkan variasi bentuk *otolith* ikan cakalang di seluruh populasi tidak berbeda nyata ($F_{hitung} < F_{tabel}$, $P > 0,001$) seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji ANOVA dengan permutasi bentuk *otolith* diantara keempat populasi ikan cakalang (K. pelamis).

Table 2. The result of ANOVA-like permutation test of the *otolith* shape among four skipjack tuna populations (K. pelamis).

Metode	df	Var	F-value	P
Semua populasi				
Model	3	0.06063	2.3247	0.002
Residual	222	1.93007		

Bahasan

Analisis bentuk *otolith* pada umumnya menggunakan 2 pendekatan morfometrik, yaitu pendekatan terhadap ciri-ciri penampakan *otolith* (*landmark analysis*) dan pendekatan terhadap garis luar *otolith* (*outline otolith*) (Cadrin, 2013). Pendekatan *outline analysis* dipilih dalam penelitian ini karena dapat menggambarkan batas-batas terluar *otolith* secara kuantitatif sehingga pola variasi bentuk *otolith* antar populasi ikan yang berbeda maupun dalam populasi yang sama dapat dievaluasi (Stransky, 2013). Keuntungan lain dari penggunaan *outline analysis* dalam identifikasi stok ikan adalah murah dan hanya membutuhkan foto *otolith* dengan kualitas yang baik sehingga batas luarnya dapat dideteksi oleh perangkat lunak program statistik R.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa secara visual terdapat variasi bentuk *otolith* ikan cakalang di Samudra Hindia, khususnya pada bagian rostrum. Bentuk *otolith* merupakan fitur yang spesifik pada suatu species ikan dimana dipengaruhi oleh kombinasi faktor keberagaman genetik (Cardinale et al., 2004) dan lingkungan (Campana & Casselman, 1993; Campana & Neilson, 1985). Material anorganik, seperti kalsium karbonat, terdeposit membentuk penebalan pada *otolith* sebagai bentuk turunan proses pertumbuhan ikan.

Karakteristik *otolith* selalu meyakinkan perekaman secara terus menerus sepanjang hidup ikan (ICES, 2004), walaupun dalam kondisi stress (Mendoza, 2006) dan kelaparan (Secor & Dean, 1989). Hal tersebut menunjukkan bahwa *otolith* ikan cakalang selalu merespon setiap perubahan kondisi lingkungan perairan di sekitarnya. Variasi bentuk *otolith* pada bagian rostrum ini diduga berkaitan dengan perbedaan kondisi lingkungan perairan sehingga membuat pola penebalan kalsium karbonat (CaCO_3) yang bervariasi pula pada bagian-bagian morfologi *otolith*, dimana dalam hal ini adalah bagian rostrum. Perbedaan kondisi lingkungan perairan, seperti ketersediaan makanan dan suhu berpengaruh pada pertumbuhan ikan (Vignon, 2012; Cardinale et al., 2004), dan hal tersebut berkorelasi positif terhadap pertumbuhan morfologi *otolith*. Terpisahnya populasi secara

geografis pada perairan dan waktu yang berbeda juga dapat menyebabkan pola bentuk *otolith* yang berbeda (Cardinale et al., 2004; Lombarte & Lleonart, 1993).

Variasi bentuk *otolith* ikan cakalang, khususnya pada bagian rostrum, secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada keempat populasi ikan cakalang. Hal tersebut mengindikasikan bahwa sumberdaya ikan cakalang yang dieksploitasi di Samudra Hindia terdiri dari 1 stok. Merujuk pada karakteristik ikan cakalang sebagai ikan perunya jauh, maka diduga selama ini terdapat pergerakan ikan cakalang di sepanjang Samudra Hindia. Walaupun hal ini belum dibuktikan dengan penelitian penandaan (*tagging*) pada ikan cakalang di Samudra Hindia. Terjadinya perubahan lingkungan di Samudra Hindia yang bergerak secara dinamis, dapat dijadikan petunjuk bahwa sumberdaya ikan juga mengalami pergerakan mengikuti perubahan kondisi perairan yang sesuai dengan preferensi habitatnya.

Menurut Kunarso et al. (2011), kondisi oseanografi dan tingkat kesuburan lingkungan perairan yang ditandai dengan meningkatnya suhu permukaan laut dan kandungan klorofil-a, diakibatkan oleh proses *upwelling*. *Upwelling* akan berkembang di perairan selatan Bali pada bulan Juni kemudian bergerak ke arah barat hingga perairan selatan Jawa Barat pada bulan Oktober. Kelimpahan ikan cakalang dipengaruhi oleh kandungan klorofil-a dan suhu permukaan laut (Mugo et al., 2010; Setiawan et al., 2013; Setiawan et al., 2013). Hal tersebut yang ditunjukkan dengan trend pergerakan CPUE yang mulai meningkat pada bulan Juni-November di Selat Lombok (Setiawan et al., 2013) serta musim penangkapan pada periode yang sama di perairan Prigi (Setiawan et al., 2013).

Perubahan kondisi lingkungan perairan tersebut kemudian direspon oleh ikan cakalang sehingga berpengaruh pula terhadap pola migrasi, baik untuk tujuan mencari makan maupun pemijahan. Menurut Jatmiko et al. (2015), ikan cakalang mengalami matang gonad sepanjang tahun sehingga berpeluang untuk memijah dalam periode sepanjang tahun. Kasus pemijahan yang berlangsung dalam periode yang lama dan berlangsung pada area yang luas ini merupakan jalan terbaik untuk transfer material genetik sehingga

dapat membentuk individu, kemudian membentuk populasi, dengan karakteristik yang identik di setiap lokasi perairan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa analisis bentuk *otolith* dapat dijadikan pendekatan dalam mengidentifikasi ikan karena lebih efisien. Teknik analisis bentuk *otolith* telah terbukti dapat digunakan untuk mengidentifikasi stok ikan pada kasus ikan peruaya dengan sistem aliran material genetik yang tinggi dengan kondisi lingkungan perairan yang heterogen (Bacha *et al.*, 2014). Analisis bentuk *otolith* telah digunakan secara luas untuk penelitian identifikasi stok ikan laut seperti yang telah dilakukan pada ikan anchovy *Engraulis enraciculus*, (Bacha *et al.*, 2014; Zengin *et al.*, 2015), ikan herring *Clupea harengus* (Burke *et al.*, 2008; Libungan *et al.*, 2015), ikan mackerel *Trachurus trachurus* (Stransky, 2008), ikan mackerel *Scombrus scombrus* (Turan, 2006), dan ikan kakap *Lutjanus johnii* (Sadighzadeh *et al.*, 2014). Analisis bentuk *otolith* juga telah diterapkan untuk mengetahui karakteristik pergerakan populasi, dan mendeteksi asal muasal ikan saat dilahirkan (Libungan *et al.*, 2015).

Hasil penelitian bentuk *otolith* ini kemudian dapat digunakan sebagai pintu masuk bagi penelitian lainnya dengan tujuan untuk memperjelas keberadaan stok ikan cakalang atau ikan peruaya lainnya di Samudra Hindia. Identifikasi stok menjadi penting bilamana sumberdaya ikan tersebar di wilayah yang luas sehingga dapat ditentukan penerapan strategi pengelolaan yang tepat bagi kelestarian sumberdaya ikan, khususnya ikan peruaya. Kesalahan dalam mempertimbangkan kondisi stok dalam rangka pengelolaan perikanan akan menyebabkan *overfishing*, khususnya ketika stok-stok tersebut memiliki produktivitas yang berbeda-beda (Begg *et al.*, 1999; Heath *et al.*, 2014).

KESIMPULAN

Bentuk *otolith* ikan cakalang bervariasi diantara keempat populasi di Samudra Hindia, terutama pada bagian *rostrum*. Namun demikian, tidak ditemukan perbedaan yang signifikan pada bentuk *otolith* ikan cakalang pada populasi Binuangun, Sadeng, Prigi, dan Labuhan Lombok. Hal tersebut menunjukkan bahwa ikan cakalang di Samudra Hindia (WPP NRI573) diduga terdiri dari 1 stok. Hasil penelitian ini dapat dibandingkan dengan metode lainnya seperti penandaan ikan (*tagging*), genetik, parasit, dan kimia *otolith* sehingga diperoleh hasil yang komprehensif untuk mengidentifikasi dan mendukung pengelolaan sumberdaya ikan cakalang secara holistik. Penelitian tentang struktur stok ini dapat dijadikan basis ilmiah

dalam mendukung pengelolaan jenis ikan peruaya jauh (*highly migratory species*), seperti jenis-jenis tuna dan sejenisnya (*tuna-like species*), untuk menentukan strategi pengelolaan yang tepat agar tetap lestari. Persebaran jenis ikan tuna dan sejenisnya dapat melampaui batas yuridiksi wilayah suatu negara sehingga seringkali diperlakukan sebagai stok bersama (*share stock*). Oleh karena itu, diperlukan perluasan area penelitian untuk membandingkan struktur stok ikan dari wilayah Indonesia dan negara lainnya.

PERSANTUNAN

Karya Tulis Ilmiah (KTI) 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 TA 2016. Ucapan terima kasih ditujukan kepada Dr. Lisa Anne Libungan dari Department of Life and Environmental Science, University of Iceland, Reykjavik, Islandia yang telah mengembangkan paket "ShapeR" untuk program piranti lunak R serta atas saran-saran konstruktif hingga tersusunnya KTI ini. Apresiasi juga disampaikan kepada Irawati Kusumaningrum dan Sekar Ayu Kartika yang telah menyediakan gambar *otolith* ikan cakalang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguera, A., & Brophy, D. (2011). Use of sagittal *otolith* shape analysis to discriminate Northeast 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>
- Akbar, N., Zamani, N. P., & Madduppa, H. H. (2014). Keragaman genetik ikan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) dari dua populasi di Laut Maluku, Indonesia. *Depik*, 3(1), 65–73.
- Anderson, M. J., & Willis, T. J. (2003). Canonical analysis of principal coordinates: a useful method of constrained ordination for ecology. *Ecology*, 84, 511–525.
- Andrade, H. A., & Garcia, C. A. E. (1999). Skipjack tuna fishery in relation to sea surface temperature off the southern Brazilian coast. *Fisheries Oceanography*, 8(4), 245–254. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.1999.00107.x>

- Arai, T., Kotake, A., Kayama, S., Ogura, M., & Watanabe, Y. (2005). Movements and life history patterns of the skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* in the Western Pacific, as revealed by otolith Sr:Ca ratios. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85(5), 1211–1216. <https://doi.org/10.1017/s0025315405012336>
- Bacha, M., Jemaa, S., Hamitouche, A., Rabhi, K., & Amara, R. (2014). Population structure of the European anchovy, *Engraulis encrasicolus*, in the SW Mediterranean Sea, and the Atlantic Ocean: evidence from otolith shape analysis. *ICES Journal of Marine Science*, 110, 2429–2435. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu097>
- Begg, G. A., Friedland, K. D., & Pearce, J. B. (1999). Stock identification and its role in stock assessment and fisheries management: an overview. *Fisheries Research*, 43(1–3), 1–8. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(99\)00062-4](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(99)00062-4)
- Bivand, R., Leisch, F., & Maechler, M. (2011). Pixmap: Bitmap Images ("Pixel Maps"), version 0.4–11. R package. Available at <http://CRAN.R-Project.org/package=pixmap>.
- Burke, N., Brophy, D., & King, P. A. (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(1670–1675). <https://doi.org/10.1093/icesjms/fns177>
- Cadrin, S. X. (2013). Morphometric landmarks. In S. X. Cadrin, L. A. Kerr, & S. Mariani (Eds.), *Stock Identification Methods* (pp. 109–128). London: Elsevier.
- Campana, S. E., & Casselman, J. M. (1993). Stock discrimination using otolith shape-analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50, 1062–1083.
- Campana, S. E., & Neilson, J. D. (1985). Microstructure of fish otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42, 1014–1032.
- 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 Sciences*, 61, 158–167. <https://doi.org/10.1139/f03-151>
- Claude, J. (2008). *Morphometrics with R* (p. 316). New York, USA: Springer.
- Davis, T., Farley, J., Bravington, M., & Andamari, R. (1999). Size at first maturity and recruitment into egg production of Southern bluefin tuna. *Final Report Project No. 1996/106*. (p. 76). Hobart: CSIRO Marine Research.
- Dueri, S., Fauregas, B., & Maury, O. (2012). Modeling the skipjack tuna dynamics in the Indian Ocean with APECOSM-E: Part 1. Model formulation. *Ecological Modelling*, 245, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.02.007>
- Effendie, M. I. (1979). *Metoda Biologi Perikanan* (p. 112). Bogor: Yayasan Dewi Sri.
- Fakhri, F., Narayani, I., & Mahardika, I. G. N. (2015). Keragaman genetik ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) dari Kabupaten Jembrana dan Karangasem, Bali. *Jurnal Biologi*, 19(1), 11–14.
- Fitriadi, A. F. (2013). Morfometrik dan meristik ikan parang-parang (*Chirocentrus dorab* Forsskal, 1775) di perairan Bengkalis. *Skripsi*. Universitas Riau.
- Heath, M. R., Culling, Mark, A., Crozier, W. W., Fox, C. J., Gurney, W. S. C., Hutchinson, W. F., ... Carvalho, G. R. (2014). Combination of genetics and spatial modelling highlights the sensitivity of cod (*Gadus morhua*) population diversity in the North Sea to distributions of fishing. *ICES Journal of Marine Science*, 71(4), 794–807. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst185>
- Hussy, K., Mosegaard, H., Albertsen, C. M., Nielsen, E. E., Hansen, J. H., & 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>
- ICES. (2004). *Recruitment studies: Manual precision and accuracy of tools* (p. 35). Copenhagen, Denmark: International Council for the Exploration of the Sea.
- Jatmiko, I., Hartaty, H., & Bahtiar, A. (2015). Biologi reproduksi ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Samudera Hindia bagian Timur. *Bawa/ Widyariset Perikanan Tangkap*, 7(2), 87–94.
- Kunarso, K., Hadi, S., Ningsih, N. S., & Baskoro, M. S. (2011). Variabilitas suhu dan klorofil-a di daerah upwelling pada variasi kejadian ENSO dan IOD di

- perairan selatan Jawa sampai Timor. *Ilmu Kelautan*, 16(3), 171–180.
- Libungan, L. A., Oskarsson, G. J., Slotte, A., Jacobsen, J. A., & Palsson, S. (2015). Otolith shape: a population marker for Atlantic herring *Clupea harengus*. *Journal of Fish Biology*, 86, 1377–1395. <https://doi.org/10.1111/jfb.12647>
- Libungan, L. A., & Palsson, S. (2015). ShapeR: An R Package to study otolith shape variation among fish populations. *PLoS ONE*, 10(3), e0121102. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121102>
- Lombarte, A., & Leonart, J. (1993). Otolith Size changes related with body growth, habitat depth and temperature. *Environmental Biology of Fishes*, 37, 85–93. <https://doi.org/10.1007/BF00004637>
- Mendoza, R. P. R. (2006). Otoliths and their applications in fishery science. *Ribarstvo*, 64(3), 89–102.
- Moore, B. R., Buckworth, R. C., Moss, H., & Lester, R. J. G. (2003). Stock discrimination and movements of narrow-barred Spanish mackerel across northern Australia as indicated by parasites. *Journal of Fish Biology*, 63, 765–779. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8649.2003.00190.x>
- Mugo, R., Saitoh, S.-I., Nihira, A., & Kuroyama, T. (2010). Habitat characteristics of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the Western North Pacific: a remote sensing perspective. *Fisheries Oceanography*, 19(5), 382–396. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2010.00552.x>
- Nason, G. (2012). Wavethresh: Wavelets statistics and transforms, version 4.5. R package. Available at <http://CRAN.R-Project.org/package=wavethresh>.
- Newman, S. J., Steckis, R. A., Edmonds, J. S., & Llyoid, J. (2000). Stock structure of goldband snapper *Pristipomoides multidens* (Pisces: Lutjanidae) from the waters of northern and western Australia by stable isotope ratio analysis of sagittal otolith carbonate. *Marine Ecology Progress Series*, 198, 239–247.
- Nugraha, B., Novianto, D., & Barata, A. (2011). Keragaman genetik ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) di Samudera Hindia. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 17(4), 285–292.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., ... Wagner, H. (2013). *Vegan: Community Ecology Package, Version 2.0-7. R Package. Available at http://CRAN.R-Project.org/Package=vegan/*.
- Pramithasari, F. A., Butet, N. A., & Wardiatno, Y. (2017). Variation in Morphometric Characters in Four Sand Crab (*Albunea symmysta*) Populations Collected from Sumatra and Java Island, Indonesia. *Tropical Life Science Research*, 28(1), 103–115.
- Rochman, F., Nugraha, B., & Wujdi, A. (2015). Pendugaan parameter populasi ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*, Linnaeus, 1758) di Samudera Hindia selatan Jawa. *Bawal Widyaiset Perikanan Tangkap*, 7(2), 77–85.
- Sadighzadeh, Z., Valinassab, T., Vosugi, G., Motallebi, A. A., Fatemi, M. R., Lombarte, A., & Tuset, V. M. (2014). Use of otolith shape for stock identification of John's snapper, *Lutjanus johnii* (Pisces: Lutjanidae), from the Persian Gulf and the Oman Sea. *Fisheries Research*, 155, 59–63. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.02.024>
- Sahabuddin, S., Burhanuddin, I., Malina, A. C., & Nurhapsa, N. (2015). Morfometrik dan meristik ikan baronang (*Siganus canaliculatus* Park, 1797) di perairan Teluk Bone dan Selat Makassar. *Torani Jurnal Ilmu Kelautan Dan Perikanan*, 25(1), 44–52.
- Secor, D. H., & Dean, J. M. (1989). Somatic growth effects on the otolith-fish size relationship in young pond-reared striped bass, *Morone saxatilis*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46, 113–121.
- Secor, D. H., Dean, J. M., & Laban, E. H. (1992). Otolith removal and preparation for microchemical examination. In *Otolith microstructure examination and analysis* (pp. 19–57). Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences Volume. 117. Ottawa, Canada: NRC Research Press.
- Setiawan, A. N., Dhahiyat, Y., & Purba, N. P. (2013). Variasi sebaran suhu dan klorofil-a akibat pengaruh Arlindo terhadap distribusi ikan cakalang di Selat Lombok. *Depik*, 2(2), 58–69.
- Setiawan, A., Haryuni, S. T., & Wijopriono. (2013). Perkembangan hasil tangkapan per upaya dan pola musim penangkapan ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Perairan Prigi, Provinsi Jawa Timur. *Depik*, 2(2), 76–81.

- Setyadi, B., & Nugraha, B. (2015). Dynamics of gears, fleets, catch, and fishing season of small-scale tuna fisheries in Labuhan Lombok, West Nusa Tenggara. *Indonesian Fisheries Research Journal*, 21(2), 99–107.
- Stransky, C. (2013). Morphometric outlines. In S. X. Cadrin, L. A. Kerr, & S. Mariani (Eds.), *Stock Identification Methods* (pp. 129–140). London: Elsevier.
- Stransky, C., Murta, A. G., Schlickeisen, J., & Zimmermann, C. (2008). Otolith shape analysis as a tool for stock separation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean. *Fisheries Research*, 89, 159–166. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2007.09.017>
- Turan, C. (2006). The use of otolith shape and chemistry to determine stock structure of Mediterranean horse mackerel *Trachurus mediterraneus* (Steindachner). *Journal of Fish Biology*, 69, 165–180. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2006.01266.x>
- 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, 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.03.021>
- Williams, P. (2009). Indonesian tuna fisheries: getting to know our neighbours. *SPC Fisheries Newsletter*, #129(May/August), 29–33.
- Wujdi, A., Prihatiningsih, P., & Suwarso, S. (2016). Karakteristik morfologi dan hubungan morfometrik otolith dengan ukuran ikan lemuru (*Sardinella lemuru* Bleeker, 1853) di Selat Bali. *Bawal Widyariset Perikanan Tangkap*, 8(3), 159–172.
- Zamroni, A., Suwarso, & Mardijah, S. (2016). Genetika populasi ikan banyar (*Rastrelliger kanagurta* Cuvier, 1817) di perairan barat Sumatera, Selat Malaka, dan Laut Cina Selatan. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 22(1), 1–8.
- Zamroni, A., Suwarso, & Nugroho, E. (2014). Struktur genetika populasi ikan malalugis biru (*Decapterus macarellus* Cuvier, 1833) di sekitar Sulawesi berdasarkan mt-DNA marker. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 20(1), 31–41.
- Zengin, M., Saygin, S., & Polat, N. (2015). Otolith shape analyses and dimensions of the Anchovy *Engraulis encrasicolus* L in the Black and Marmara Seas. *Sains Malaysiana*, 44(5), 657–662.
- Zischke, M. T., Litherland, L., Tilyard, B. R., Stratford, N. J., Jones, E. L., & 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.

Lampiran 1. Penentuan tingkat kematangan gonad (TKG) secara morfologi (Effendie, 1979)

Appendix 1. Determination of gonad maturity stage morphologically (Effendie, 1979)

TKG/ Maturity stage	Morfologi gonad jantan/ Morphology of male gonad	Morfologi gonad betina/ Morphology of female gonad
I	Testes seperti benang, lebih pendek dan terlihat ujungnya di rongga tubuh. Warna jernih.	Ovari seperti benang, panjang sampai ke depan ronggatubuh. Warna jernih. Permukaan licin.
II	Ukuran testes lebih besar. Pewarnaan putih susu. Bentuk lebih jelas dari TKG I.	Ukuran ovari lebih besar. Pewarnaan gelap kekuning-kuningan. Telur belum terlihat jelas dengan mata.
III	Permukaan testes nampak bergerigi. Warna makin putih, testes makin besar dan dalam keadaan diawetkan mudah putus.	Ovari berwarna kuning. Secara morfologi telur sudah kelihatan butirnya dengan mata.
IV	Seperti TKG III tampak lebih jelas. Testes makin pejal.	Ovari makin besar, telur berwarna kuning, mudah dipisahkan. Butir minyak tidak tampak, mengisi $\frac{1}{2}$ – $\frac{2}{3}$ rongga tubuh. Usus terdesak.
V	Testes bagian belakang kempis dan di bagian dekat pelepasan masih berisi.	Ovari berkerut, dinding tebal, butir telur sisa terdapatdi dekat pelepasan. Banyak telur seperti pada tingkatII.

Lampiran 2. Klasifikasi tingkat kematangan gonad (TKG) berdasarkan analisis histologi (Davis *et al.*, 1999)

Appendix 2. The classification of gonad maturity stage based on hystologi analysis (Davis *et al.*, 1999)

TKG/ Maturity stage	Kondisi/ Condition	Keterangan/ Remarks
I	Dara berkembang (immature)	Oosit kecil dengan <i>sitoplasma</i> berwarna ungu dengan <i>nucleus</i> . <i>Peripheral nucleoli</i> (titik hitam kecil) dapat dilihat di dalam <i>nucleus</i> yang mungkin menjadi tanda munculnya kuning telur.
II	Perkembangan I (early maturing)	Kuning telur berwarna pucat ungu dimulai di <i>sitoplasma</i> . Kuning telur terkonsentrasi di pinggiran oosit dan menyebar ke dalam ke arah <i>nucleus</i> .
III	Perkembangan II (late maturing)	Kuning telur berwarna merah muda terdapat di seluruh oosit. Zona radiata luas, berubah warna menjadi merah muda. <i>Nucleus</i> terletak di pusat.
IV	Matang (ripe)	<i>Nucleus</i> berpindah ke pinggir oosit dan terkadang diganti dengan tetesan minyak. Terkadang dapat terlihat butiran kuning telur melebur membentuk <i>yolk plates</i> .
V	Saling (spent)	Kuning telur bergabung secara penuh berwarna merah muda. Oosit membesar dan berbentuk tidak teratur (mungkin karena kehilangan cairan pada saat persiapan analisis histologi).