

ANALISIS BIOMETRI OTOLIT (SAGITTA) UNTUK PEMISAHAN STOK IKAN
CAKALANG *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) YANG DIDARATKAN DI
PELABUHAN PERIKANAN PANTAI TUMUMPA (MANADO), SULAWESI
UTARA

(Biometric Analysis of Otolith (Sagitta) for the Stock Separation of Skipjack Tuna
Katsuwonus pelamis (Linnaeus, 1758) Landed at Tumumpa Coastal Fisheries
Port Manado, North Sulawesi)

Djusty Moge¹, Lawrence J. L. Lumingas^{*}, Gybert E. Mamuya¹

¹Program Magister Ilmu Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas
Sam Ratulangi.

^{*}Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu
Kelautan, Universitas Sam Ratulangi, Kampus Unsrat Bahu, Manado 95115

^{*}Corresponding author: ljlumingas@unsrat.ac.id

ABSTRACT

Skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) is one of the most important species for Indonesian marine capture fisheries and is the third major species of capture fisheries in the world. This study aims to analyze the biometry of otolith (sagitta) of skipjack tuna caught with 'soma pajeko' (mini purse-seine) around FADs in the Sulawesi Sea. A total of 96 individuals of skipjack tuna measuring total length (TL) ranged between 232 and 625 mm and the average of TL was 419.64 mm (SD = 112.78 mm) were successfully taken otolith without defects. The length of otolith (OL) of the skipjack tuna ranged between 2.693 and 5.269 mm with an average of OL was 3.435 mm (SD = 0.602 mm). For both the size and shape indices of the otolith, there were no significant difference between the left and right otoliths for otolith length (OL), otolith perimeter (OP), Form-Factor (FF) and Roundness (Rnd), but asymmetric influences were very significance for otolith width (OW), otolith area (OA), Circularity (Cir), Rectangularity (Rec), Ellipticity (Ell) and Aspect Ratio (AR). There were no significant difference in the mean size and shape indices of the otolith between females and males. The relationship between TL - OL follows the power function: $OL = 1.027993 * TL^{0.198863}$ ($R^2 = 13.18\%$). The low value of R^2 seems to be due to the mixing of more than one stock of skipjack tuna in the sample. Separation of observation data in the relationship between TL - OL into two different stocks can increase the value of b or R^2 . It is possible for skipjack tuna in the Sulawesi Sea to consist of two different stocks. The separation of the two stocks can mainly be determined by the size of the otolith, the size of the otolith of stock 1 is relatively large compared to stock 2. The relationship of $\ln(TL) - \ln(OL)$ stock 1 and stock 2 were $\ln(OL) = -2,282 + 0,610 * \ln(TL)$ ($n = 53; r = 0.91$) and $\ln(OL) = -2,363 + 0.566 * \ln(TL)$ ($n = 43; r = 0.64$). It is possible that stock 1 is the stock of the Indian Ocean and stock 2 is the stock of the Western Pacific Ocean. To test this hypothesis, genetic studies are needed.

Keywords: otolith biometry, stock separation, *Katsuwonus pelamis*, Sulawesi Sea

ABSTRAK

Ikan cakalang, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) merupakan salah satu spesies yang sangat penting untuk perikanan tangkap laut Indonesia dan merupakan spesies utama urutan ke-3 perikanan tangkap dunia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis biometri otolit (sagitta) ikan cakalang yang

tertangkap dengan 'soma pajeko' (mini purse-seine) di sekitar rumpon di Laut Sulawesi. Sejumlah 96 individu ikan cakalang berukuran panjang total (TL) 232 - 625 mm dan rata-rata TL 419,64 mm (SD = 112,78 mm) berhasil diambil otolitnya tanpa cacat. Otolit (kiri) ikan cakalang tersebut berukuran panjang (OL) 2,693 - 5,269 mm dengan rata-rata OL 3,435 mm (SD = 0,602 mm). Baik untuk ukuran maupun indeks bentuk otolit, tidak terdapat perbedaan yang nyata antara otolit kiri dan kanan untuk panjang otolit (OL), keliling otolit (OP), Form-Factor (FF) dan Roundness (Rnd), tetapi pengaruh asimetris untuk lebar otolit (OW), luas otolit (OA), Circularity (Cir), Rectangularity (Rec), Ellipticity (Ell) dan Aspect Ratio (AR) sangat nyata. Tidak terdapat perbedaan yang nyata rata-rata ukuran maupun indeks bentuk otolit antara betina dan jantan. Hubungan TL - OL mengikuti fungsi perpangkatan: $OL = 1,027993 \cdot TL^{0,198863}$ ($R^2 = 13,18\%$). Rendahnya nilai R^2 ini nampaknya disebabkan karena bercampurnya lebih dari satu stok ikan cakalang dalam sampel. Pemisahan data amatan dalam hubungan TL - OL menjadi dua stok yang berbeda dapat menaikkan nilai b maupun R^2 . Ikan cakalang yang terdapat di Laut Sulawesi ada kemungkinan terdiri dari dua stok yang berbeda. Pemisahan kedua stok tersebut terutama dapat ditentukan lewat ukuran otolitnya, stok 1 berukuran otolit relatif besar dibandingkan dengan stok 2. Hubungan $\ln(TL) - \ln(OL)$ stok 1 dan stok 2 berturut-turut adalah $\ln(OL) = -2,282 + 0,610 \cdot \ln(TL)$ ($n = 53; r = 0,91$) dan $\ln(OL) = -2,363 + 0,566 \cdot \ln(TL)$ ($n = 43; r = 0,64$). Ada kemungkinan stok 1 merupakan stok Samudra Hindia dan stok 2 merupakan stok Samudra Pasifik Barat. Untuk menguji hipotesis ini diperlukan kajian secara genetik.

Kata kunci: biometri otolit, pemisahan stok, *Katsuwonus pelamis*, Laut Sulawesi

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara produser utama perikanan tangkap global dengan total produksi sebesar 6 542 258 ton pada tahun 2016; menempatkan Indonesia sebagai produser terbesar nomor dua dunia setelah China (FAO, 2018). Tahun 2017, produksi perikanan tangkap Indonesia sebesar 6 603 631 ton di mana Provinsi Sulawesi Utara berada di urutan ke-4 dengan produksi sebesar 393 448 ton (KKP, 2019). Ikan cakalang, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) merupakan salah satu spesies yang sangat penting untuk perikanan Indonesia. Ikan ini dikenal dengan 'skipjack tuna' dan merupakan spesies utama urutan ke-3 perikanan tangkap dunia dengan produksi 2 829 929 ton pada tahun 2016 (FAO, 2018). Ikan cakalang tersebar secara kosmopolitan di perairan tropis dan subtropis, ditemukan di perairan lepas pantai dengan suhu berkisar antara 14,7 hingga 30°C, sementara larva sebagian

besar terbatas pada perairan dengan suhu permukaan setidaknya 25°C (Froese dan Pauly, 2019). Di perairan sekitar Sulawesi Utara, ikan cakalang memiliki fekunditas telur berkisar antara 1 000 000 sampai dengan 14 000 000 butir (Nugraha dan Mardijah, 2008) dengan panjang pada saat matang kelamin pertama (L_m) adalah 489,68 mm (Susanto dan Lumingas, 2014).

Penelitian mengenai aspek bioekologi maupun aspek pengelolaan spesies ini sudah banyak dilakukan. Menurut Wujdi *et al.* (2017), pengelolaan ikan cakalang saat ini belum dilakukan secara rasional karena masih diasumsikan sebagai unit stok tunggal tanpa adanya bukti ilmiah sehingga rentan mengalami lebih tangkap. Misalnya saja perikanan cakalang di Samudera Hindia saat ini masih dikelola sebagai stok tunggal padahal beberapa penelitian baik berdasarkan pola variasi genetik pada gen mtDNA (Dammannagoda *et al.* 2011) maupun berdasarkan morfologi otolit (Wujdi *et al.* 2017; Wujdi *et al.*

2018) menunjukkan setidaknya terdapat dua stok yang berbeda.

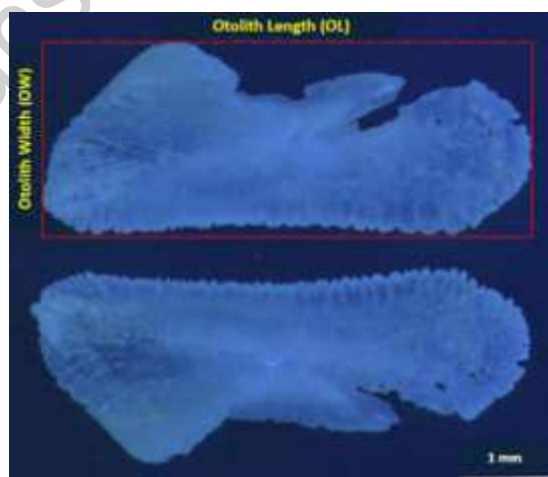
Secara klasik, otolit digunakan untuk menduga umur dan pertumbuhan individu ikan, tetapi menurut Campana dan Casselman (1993), bentuk dan ukuran otolit dapat juga digunakan untuk diskriminasi stok ikan. Menurut Bahri *et al.* (2018), ukuran otolit serta hubungan regresinya dengan panjang total ikan selar betong (*Selar crumenophthalmus*) dapat digunakan untuk penentuan atau pemisahan stok ikan tersebut. Ukuran otolit dan morfometrinya berbeda nyata antar waktu penangkapan walaupun ditangkap pada lokasi yang sama (Teluk Manado). Penelitian ini bertujuan menganalisis biometri otolit untuk pemisahan stok ikan cakalang, *Katsuwonus pelamis*, yang didaratkan di Pelabuhan Perikanan Pantai Tumumpa (Manado).

METODE

Sampling ikan dilakukan pada Juni 2017 di Pelabuhan Perikanan Pantai Tumumpa (Manado). Sampel ikan cakalang, *Katsuwonus pelamis*, yang tertangkap dengan 'soma pajeko' (mini purse-seine) di sekitar rumpon di Laut Sulawesi, dibawa ke Laboratorium Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,

Universitas Sam Ratulangi Manado untuk diteliti. Setiap individu ikan diukur panjang totalnya (TL) dengan mistar berketelitian 1 mm serta dicatat seksnya.

Otolit (*sagittae*) dikeluarkan dengan cara memotong kepala ikan secara transversal, mengangkat otaknya dan mengekstrak kanal semi-sirkular baik bagian kiri maupun bagian kanan. Otolit diambil dari kapsul otik 'sacculus' kemudian direndam dalam cairan hidrogen peroksida (H_2O_2), dicuci dengan air murni dan dikeringkan dengan meneteskan alkohol hingga kering dan selanjutnya diobservasi di bawah mikroskop dan dipotret dengan kamera digital. Selanjutnya foto dianalisis dengan perangkat lunak ImageJ untuk menentukan ukuran otolit: panjang otolit (OL), lebar otolit (OW), areal atau luas otolit (OA) dan perimeter atau keliling otolit (OP) (Gambar 1). Ukuran otolit digunakan untuk menentukan 6 indeks bentuk otolit (Wujdi *et al.*, 2016; Lacroix *et al.* 2017):
Circularity (Cir) = OP/OA^2 ;
Rectangularity (Rec) = $OA/(OL*OW)$;
Form-Factor (FF) = $(4*\pi*OA)/OP^2$;
Roundness (Rnd) = $(4*OA)/(\pi*OL^2)$;
Ellipticity (EII) = $(OL-OW)/(OL+OW)$;
Aspect Ratio (AR) = OL/OW .



Gambar 1. Otolit (sagitta) ikan cakalang *Katsuwonus pelamis*

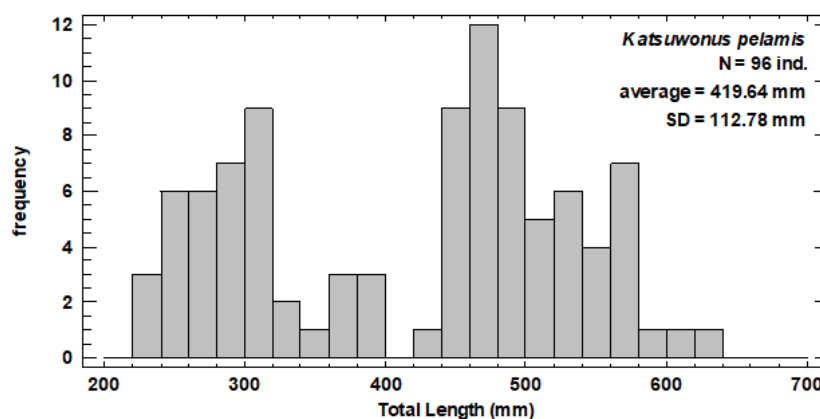
Untuk membandingkan ukuran rata-rata otolit maupun indeks bentuk otolit antara kiri dan kanan digunakan uji-*t* sampel berpasangan. Sedangkan perbedaan ukuran maupun indeks bentuk otolit (hanya otolit bagian kiri yang digunakan) antar seks atau antar kelompok dianalisis dengan menggunakan uji-*t* sampel bebas dengan atau tidak dengan mengasumsikan kesamaan varians. Hubungan antara ukuran otolit dan panjang total ikan ditentukan dengan mencocokkan dengan suatu persamaan perpangkatan $Y = a \cdot X^b$, di mana *Y* adalah ukuran otolit (OL, OW, AO dan OP), *X* adalah panjang total ikan (TL), *a* adalah intersep dan *b* adalah kemiringan. Parameter *a* dan *b* diduga dengan metode kuadrat terkecil setelah transformasi logaritma natural menjadi $\ln Y = \ln a + b \cdot \ln X$. Kecocokan data amatan dengan model dan keberartian regresi dianalisis dengan menggunakan analisis varians (ANOVA); sedangkan untuk membandingkan garis regresi antar sampel diuji dengan analisis peragam (ANCOVA) (Scherrer, 1984; Draper dan Smith, 1998; Zar, 2010). Semua analisis statistika menggunakan piranti lunak Statgraphics Centurion.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ukuran Sampel Ikan

Sejumlah 96 individu ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) berhasil diambil otolitnya tanpa cacat. Ikan dalam sampel tersebut berukuran panjang total (TL) dari 232 mm sampai 625 mm dengan rata-rata TL adalah 419,64 mm dan standar deviasi (SD) adalah 112,78 mm (Gambar 2). Selang kepercayaan 95 % untuk rata-rata TL adalah antara 396,79 - 442,49 mm, yang berarti bahwa 95 % tingkat kepercayaan rata-rata TL populasi terletak di antara selang tersebut. Selang kepercayaan 95 % untuk SD berpeluang salah karena asumsi bahwa sampel berasal dari populasi yang mempunyai sebaran normal tidak dapat dipenuhi sedangkan selang kepercayaan untuk rata-rata TL agak 'robust' dan tidak sensitif terhadap pelanggaran asumsi kenormalan.

Dari jumlah 96 individu dalam sampel tersebut terdapat 33 individu betina dan 39 individu jantan, 24 individu sisanya adalah juvenile yang belum teridentifikasi jenis kelaminnya. Individu betina berukuran TL 308-580 mm dengan rata-rata TL adalah 483,42 mm dan SD 62,34 mm, sedangkan ukuran TL individu jantan berkisar 287-625 mm dengan rata-rata TL adalah 455,33 mm dan SD 98,78 mm.



Gambar 2. Frekuensi sebaran panjang total (TL) ikan cakalang *Katsuwonus pelamis*

Selang kepercayaan 95 % untuk rata-rata TL individu betina adalah antara 461,32- 505,53 mm, dan selang kepercayaan 95 % untuk rata-rata TL

individu jantan adalah antara 423,31- 487,36 mm. Uji-*t* dengan tidak mengasumsikan kesamaan varians tidak menolak hipotesis nol untuk $\alpha =$

0,05 yang berarti bahwa rata-rata TL individu betina tidak berbeda secara nyata dengan rata-rata TL individu jantan (t -hitung = 1,464, nilai- p = 0,148).

Nampak pada histogram (Gambar 2) bahwa sampel ikan cakalang terdiri dari dua kelompok ukuran yakni kelompok ukuran TL lebih kecil 400 mm dan kelompok ukuran TL lebih besar 400 mm. Menurut Susanto dan Lumingas (2014), panjang ikan ini pada saat matang kelamin pertama (L_m)

Ukuran dan Indeks Bentuk Otolit

Tabel 1 menunjukkan bahwa, untuk ukuran, hanya panjang otolit (OL) dan keliling otolit (OP) yang tidak berbeda secara nyata rata-rata ukuran antara otolit kiri dan kanan; sementara untuk indeks bentuk, hanya 'form factor' (FF) dan roundness (Rnd) yang tidak menunjukkan perbedaan secara nyata rata-rata indeksnya antara otolit kiri dan kanan. Secara kesepakatan, otolit (sagittae) yang digunakan untuk menganalisis ukuran dan indeks bentuk otolit adalah otolit bagian kiri. Beberapa peneliti menggunakan salah satu bagian secara konsisten untuk menghindari pengaruh asimetrik (Legua *et al.*, 2013; Keating *et al.*, 2014; Afanasyev *et al.*, 2017; Sanchez dan Martinez, 2017; Ladroit *et al.*, 2017). Bahri *et al.* (2018) menggunakan ukuran rata-rata dari otolit bagian kiri dan kanan untuk analisis biometri ikan selar betong, *Selar crumenophthalmus*, yang tertangkap di sekitar Teluk Manado, dan mendapatkan perbedaan nyata beberapa variabel ukuran dan indeks bentuk otolit ikan tersebut. Wujdi *et al.* (2018) menunjukkan bahwa data morfometri otolit kanan dan kiri ikan cakalang dari Samudra Hindia tidak berbeda nyata, kecuali pada variabel panjang otolit (OL) di mana OL kanan lebih panjang dari kiri.

Otolit bagian kiri dari 96 individu ikan cakalang tersebut berukuran OL dari 2,693 mm sampai 5,269 mm dengan rata-rata OL adalah 3,435 mm dan standar deviasi (SD) adalah 0,602 mm (Gambar 3) dengan selang

adalah 489,68 mm, sedangkan McMillan *et al.* (2011) mendapatkan panjang matang kelamin pada 400 mm. Hal ini berarti kelompok ikan berukuran kecil adalah ikan juvenil yang belum layak tangkap. Sebenarnya ikan cakalang dapat mencapai panjang garpu (FL) 1100 mm untuk yang jantan (McMillan *et al.* 2011) dengan berat maksimum yang pernah terpublikasi adalah 34,5 kg (Collette dan Nauen, 1983).

kepercayaan 95 % untuk rata-rata OL adalah antara 3,313 – 3,557 mm. Untuk ikan cakalang betina ($n = 33$), berukuran OL dari 2,848 mm sampai 5,267 mm dengan rata-rata OL adalah 3,527 mm dan standar deviasi (SD) adalah 0,613 mm (Gambar 4) dengan selang kepercayaan 95 % untuk rata-rata OL adalah antara 3,310 – 3,744 mm. Sedangkan untuk ikan cakalang jantan ($n = 39$), berukuran OL dari 2,593 mm sampai 5,269 mm dengan rata-rata OL adalah 3,528 mm dan standar deviasi (SD) adalah 0,699 mm (Gambar 4) dengan selang kepercayaan 95 % untuk rata-rata OL adalah antara 3,301 – 3,754 mm. Tidak terdapat perbedaan yang nyata antara rata-rata OL betina dan jantan (Tabel 1).

Lebar otolit bagian kiri dari 96 individu ikan cakalang tersebut berukuran OW dari 1,156 mm sampai 2,282 mm dengan rata-rata OW adalah 1,437 mm dan standar deviasi (SD) adalah 0,249 mm dengan selang kepercayaan 95 % untuk rata-rata OW adalah antara 1,386 – 1,487 mm. Untuk ikan cakalang betina ($n=33$), berukuran OW dari 1,166 mm sampai 2,282 mm dengan rata-rata OW adalah 1,465 mm dan standar deviasi (SD) adalah 0,275 mm dengan selang kepercayaan 95 % untuk rata-rata OW adalah antara 1,367 – 1,562 mm. Sedangkan untuk ikan cakalang jantan ($n = 39$), berukuran OW dari 1,156 mm sampai 2,156 mm dengan rata-rata OW adalah 1,467 mm dan standar deviasi (SD) adalah 0,278 mm dengan selang kepercayaan 95 % untuk rata-rata OW adalah antara 1,377 – 1,557 mm. Tidak terdapat perbedaan

yang nyata antara rata-rata OW betina dan jantan (Tabel 1). Luas otolitnya berkisar dari 2,255 – 8,084 mm² dengan rata-rata OA adalah 3,480 mm² (SD = 1,327), sedangkan keliling otolitnya berkisar dari 8,148 – 16,878 mm dengan rata-rata OP adalah 10,820 mm (SD = 1,975). Tidak terdapat perbedaan yang nyata baik rata-rata OA maupun OP antara betina dan jantan (Tabel 1).

Dibandingkan dengan ikan cakalang yang tertangkap di Samudra Hindia (Wujdi *et al.*, 2018), otolit ikan cakalang yang terdapat di sekitar Sulawesi Utara (Samudra Pasifik) dapat dikatakan berukuran lebih kecil baik OL maupun OW. Di Binuangeun (selatan Jawa Barat) misalnya, Wujdi *et al.* (2018) menemukan bahwa ikan cakalang (n = 88) berukuran panjang cagak 270 – 580 mm dan berat 307 – 3738 g, otolitnya berukuran OL dari 3,197 mm sampai 5,388 mm dengan rata-rata OL adalah 4,345 mm dan standar deviasi (SD) adalah 0,544 mm, dan berukuran OW dari 1,220 mm sampai 2,283 mm dengan rata-rata OW adalah 1,764 mm dan standar deviasi (SD) adalah 0,211 mm. Di perairan

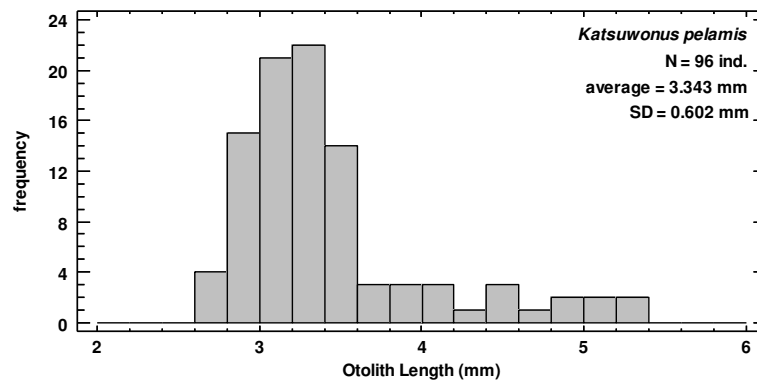
sekitar Kalidonia Baru, ikan cakalang berukuran panjang 423 mm mempunyai otolit berukuran panjang OL = 4,85 mm dan lebar OW = 2,0 mm (Rivaton dan Bourret, 1999).

Untuk indeks bentuk otolitnya, 'circularity' (Cir) berkisar dari 0,257 – 2,002 dengan rata-rata Cir adalah 1,072 (SD = 0,391), 'rectangularity' (Rec) berkisar dari 0,596 – 0,747 dengan rata-rata Rec adalah 0,687 (SD = 0,029), 'form factor' (FF) berkisar dari 0,244 – 0,469 dengan rata-rata FF adalah 0,368 (SD = 0,048), 'roundness' (Rnd) berkisar dari 0,287 – 0,424 dengan rata-rata Rnd adalah 0,366 (SD = 0,025), 'ellipticity' (Eil) berkisar dari 0,365 – 0,467 dengan rata-rata Eil adalah 0,410 (SD = 0,024), dan 'aspect ratio' (AR) berkisar dari 2,15 – 2,75 dengan rata-rata AR adalah 2,394 (SD = 0,137). Tidak terdapat perbedaan yang nyata rata-rata indeks bentuk otolit antara betina dan jantan (Tabel 1). Secara keseluruhan, indeks bentuk otolit dapat mendemonstrasikan bentuk morfologi otolit ikan cakalang yaitu cenderung oval, memanjang atau persegi panjang dan permukaan tidak beraturan (Wujdi *et al.*, 2018).

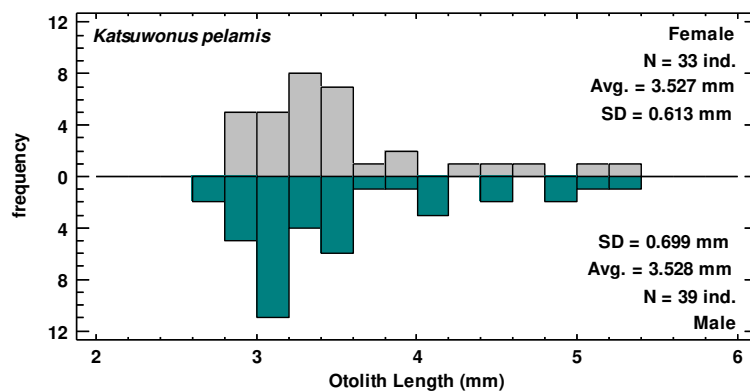
Tabel 1. Uji-t untuk membandingkan rata-rata dua sampel berpasangan (kiri dan kanan) dan dua sampel bebas (betina dan jantan) ukuran otolit (sagitta) (OL = panjang otolit, OW = lebar otolit, OA = luas otolit, OP = keliling otolit) dan indeks bentuk otolit (Cir = circularity, Rec = rectangularity, FF = form factor, Rnd = roundness, Eil = ellipticity, AR = aspect ratio) ikan cakalang *Katsuwonus pelamis*

Ukuran dan indeks bentuk	kiri vs kanan (n = 96)		betina ♀ (n = 33) vs jantan ♂ (n = 39)			
	t-hitung	nilai-p	rata-rata ♀ (SD)	rata-rata ♂ (SD)	t-hitung	nilai-p
OL	1,1997	0,2332 ^{tn}	3,5269 (0,6130)	3,5275 (0,6989)	-0,0037	0,9971 ^{tn}
OW	12,5093	0,0000 ^{**}	1,4646 (0,2749)	1,4668 (0,2779)	-0,0335	0,9734 ^{tn}
OA	3,2936	0,0014 ^{**}	3,6147 (1,4011)	3,6697 (1,5590)	-0,1564	0,8762 ^{tn}
OP	-0,7728	0,4415 ^{tn}	11,201 (2,0112)	11,144 (2,2179)	0,1130	0,9104 ^{tn}
Cir	-3,7766	0,0003 ^{**}	1,0362 (0,3902)	1,0619 (0,4666)	-0,2498	0,8035 ^{tn}
Rec	-10,9824	0,0000 ^{**}	0,6821 (0,0302)	0,6838 (0,0288)	-0,2366	0,8137 ^{tn}
FF	1,8099	0,0735 ^{tn}	0,3565 (0,0536)	0,3616 (0,0481)	-0,4188	0,6766 ^{tn}
Rnd	0,9615	0,3388 ^{tn}	0,3604 (0,0253)	0,3627 (0,0239)	-0,4042	0,6873 ^{tn}
Eil	-9,2047	0,0000 ^{**}	0,4137 (0,0250)	0,4118 (0,0226)	0,3377	0,7377 ^{tn}
AR	-9,3359	0,0000 ^{**}	2,4171 (0,1454)	2,4051 (0,1337)	0,3651	0,7161 ^{tn}

** sangat nyata; * nyata; ^{tn} tidak nyata



Gambar 3. Frekuensi sebaran panjang otolit (OL) ikan cakalang *Katsuwonus pelamis*

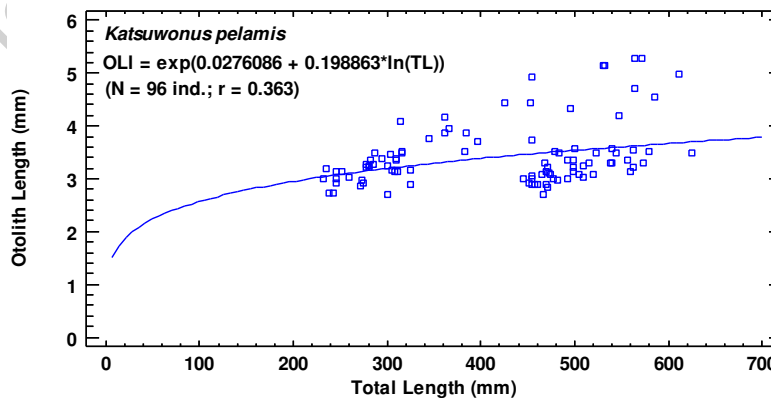


Gambar 4. Frekuensi sebaran panjang otolit (OL) ikan cakalang *Katsuwonus pelamis* individu betina dan individu jantan

Hubungan Panjang Total Ikan – Panjang Otolit

Hubungan regresi panjang total (TL) dan panjang otolit (OL) ikan cakalang mengikuti fungsi perpangkatan atau fungsi linear setelah transformasi logaritma natural (ln) pada kedua variabelnya (Gambar 5) sebagai berikut: $OL = 1,027993 * TL^{0,198863}$ atau

$ln(OL) = 0,0276086 + 0,198863 * ln(TL)$. Dan untuk ikan cakalang betina dan jantan berturut-turut sebagai berikut (Gambar 6): $OL = 0,92916606 * TL^{0,214036}$ atau $ln(OL) = -0,0734678 + 0,214036 * ln(TL)$ dan $OLI = 1,14508057 * TL^{0,181744}$ atau $ln(OLI) = 0,135475 + 0,181744 * ln(TL)$.



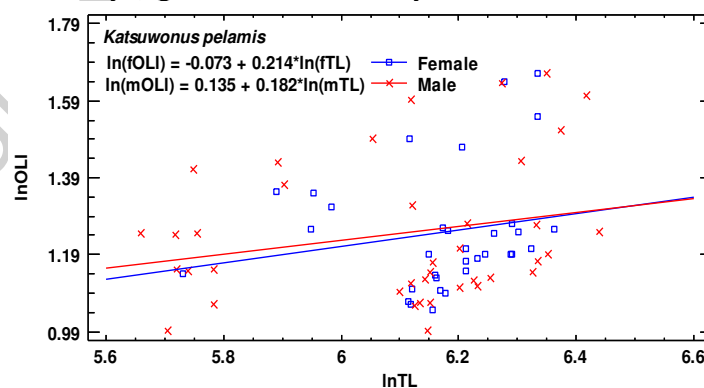
Gambar 5. Model perpangkatan hubungan panjang total (TL) – panjang otolit (OL) ikan cakalang *Katsuwonus pelamis*

Analisis varians menunjukkan bahwa data amatan sesuai dengan fungsi perpangkatan (lack-of-fit tidak nyata, rasio- $F = 1,51$ dan nilai- $p = 0,1772$), dan terdapat hubungan yang sangat nyata secara statistik antara variabel panjang total (TL) dan panjang otolit (OL) pada batas kepercayaan 95 % (model sangat nyata, rasio- $F = 14,27$ dan nilai- $p = 0,0003$). Walaupun demikian, nilai koefisien korelasi yang rendah ($r = 0,36$) menyatakan hubungan positif yang kurang erat antara kedua variabel, hanya sebagian kecil variasi variabel OL disebabkan oleh variabel TL ($R^2 = 13,18\%$). Untuk ikan cakalang betina, 'lack-of-fit' dalam analisis varians nyata (rasio- $F = 9,89$ dan nilai- $p = 0,019$), sedangkan untuk jantan: 'lack-of-fit' dalam analisis variansnya tidak nyata (rasio- $F = 1,03$ dan nilai- $p = 0,561$). Tetapi uji model regresi tidak nyata yang berarti tidak terdapat hubungan antara TL dan OL baik untuk ikan betina maupun untuk jantan (betina: rasio- $F = 1,15$ dan nilai- $p = 0,2912$; jantan: rasio- $F = 2,07$ dan nilai- $p = 0,159$).

Rendahnya nilai R^2 untuk keseluruhan sampel (juga pada betina dan jantan) pada hubungan OL-TL nampaknya disebabkan terutama oleh adanya variabilitas data pada ukuran lebih besar 400 mm yang kemudian

menaikkan varians eror pada ukuran TL di atas 400 mm tersebut. Nampak pada Gambar 5 adanya dua kelompok pencaran titik-titik data amatan. Kelompok yang pertama adalah kelompok ukuran OL yang besar yang menyebar pada bagian atas pencaran titik-titik data tersebut yang memanjang dari ukuran TL kecil sampai besar; dan yang kedua adalah kelompok ukuran OL kecil yang menyebar pada bagian bawah setelah berukuran TL lebih besar 400 mm. Oleh karenanya, pemisahan kedua kelompok tersebut untuk analisis biometri secara terpisah akan dapat menaikkan nilai R^2 secara nyata dan menaikkan nilai $b \sim 1$ untuk masing-masing kelompok.

Untuk membandingkan garis regresi linear ln OL dan ln TL ikan cakalang antara betina dan jantan telah digunakan analisis peragam (ANCOVA) di mana nilai- $p > 0,05$ baik untuk membandingkan kemiringan (b) (rasio- $F = 0,02$ dan nilai- $p = 0,896$) garis regresi linear antar betina dan jantan maupun untuk membandingkan intersepnya (a) (rasio- $F = 0,06$ dan nilai- $p = 0,805$). Pada Gambar 6 terlihat tumpang-tindih garis regresi linear antara betina dan jantan atau dengan kata lain tidak terdapat perbedaan yang nyata garis regresi hubungan ln OL dan ln TL antar jenis kelamin.



Gambar 6. Perbandingan garis regresi linear ln(OL) – ln(TL) ikan cakalang *Katsuwonus pelamis* betina dan jantan

Pemisahan Stok

Pada Gambar 5 dan Gambar 6, nampak sebaran data amatan membentuk dua kelompok yang dapat

pisahkan sebagai dua stok yang berbeda. Tabel 2 menunjukkan uji perbandingan rata-rata panjang total, ukuran otolit serta indeks bentuk otolit kedua stok tersebut. Stok 1 ($n = 53$

individu) berukuran TL 232 – 612 mm dengan rata-rata 353,09 mm secara nyata lebih kecil ($p < 0,05$) dibandingkan dengan stok 2 ($n = 43$ individu) yang berukuran TL 445 – 625 mm dengan rata-rata 501,65 mm. Untuk rata-rata ukuran otolit (OL, OW, OA dan OP), stok 1 secara nyata lebih besar dari pada stok 2. Untuk indeks-indeks bentuk otolit, rata-rata Cir, Ell dan AR stok 1 secara nyata lebih kecil dari pada stok 2; sebaliknya rata-rata Rec, FF dan Rnd, stok 1 lebih besar secara nyata dari pada stok 2. Jika stok 2 dibandingkan dengan stok 1 pada selang ukuran TL yang relatif sepadan maka perbedaan-perbedaan rata-rata ukuran dan indeks bentuk otolit akan semakin nyata.

Misalnya, stok 1 yang berukuran TL 426 – 612 mm dengan rata-rata TL 522,39 mm ($n = 26$; $SD = 58,57$ mm) mempunyai ukuran OL 3,737 – 5,269 mm dengan rata-rata OL 4,702 ($SD = 0,459$ mm) dan ukuran OW 1,452 – 2,282 mm dengan rata-rata OW 1,929 mm ($SD = 0,234$ mm). Hasil ini setara dengan penelitian Wujdi *et al.* (2018) yang menemukan ikan cakalang di Labuhan Lombok (Samudra Hindia) berukuran panjang cagak (FL) dari 410 – 630 mm ($n = 80$) memiliki ukuran otolit OL 4,105 – 5,674 mm dengan rata-rata OL 4,747 mm ($SD = 0,373$ mm) dan OW 1,595 – 2,451 mm dengan rata-rata OW 1,892 mm ($SD = 0,162$ mm).

Tabel 2. Uji-t perbandingan rata-rata dua sampel bebas (Stok 1 dan Stok 2) panjang total ikan (TL), ukuran otolit (sagitta) (OL = panjang otolit, OW = lebar otolit, OA = luas otolit, OP = keliling otolit) dan indeks bentuk otolit (Cir = circularity, Rec = rectangularity, FF = form factor, Rnd = roundness, Ell = ellipticity, AR = aspect ratio) ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*)

Ukuran dan indeks bentuk	Stok	n (ind)	Rata-rata	Sd	Min	Max	t-hitung	Nilai-P
TL	1	53	353,09	108,288	232	612	-9,168 [‡]	0,000**
	2	43	501,65	42,141	445	625		
OL	1	53	3,363	0,727	2,694	5,269	4,246 [‡]	0,000**
	2	43	3,187	0,228	2,693	3,564		
OW	1	53	1,539	0,288	1,184	2,282	4,988 [‡]	0,000**
	2	43	1,311	0,090	1,156	1,542		
OA	1	53	3,994	1,588	2,329	8,084	5,108 [‡]	0,000**
	2	43	2,847	0,347	2,255	3,537		
OP	1	53	11,240	2,492	8,148	16,878	2,580 [‡]	0,012*
	2	43	10,302	0,795	8,275	12,205		
Cir	1	53	0,877	0,371	0,257	1,542	-6,673 [‡]	0,000**
	2	43	1,311	0,264	0,917	2,002		
Rec	1	53	0,692	0,029	0,596	0,747	2,108 [‡]	0,038*
	2	43	0,680	0,027	0,627	0,720		
FF	1	53	0,391	0,042	0,245	0,469	6,215 [‡]	0,000**
	2	43	0,339	0,039	0,244	0,440		
Rnd	1	53	0,374	0,026	0,287	0,417	3,750 [‡]	0,000**
	2	43	0,356	0,020	0,327	0,424		
Ell	1	53	0,404	0,023	0,365	0,467	-2,698 [‡]	0,008**
	2	43	0,417	0,023	0,367	0,457		
AR	1	53	2,361	0,130	2,150	2,750	-2,680 [‡]	0,009**
	2	43	2,434	0,136	2,161	2,680		

** sangat nyata; * nyata; [‡] tidak nyata; [‡] tidak mengasumsikan kesamaan varians

Tabel 3 menunjukkan hubungan regresi panjang total (TL) dengan panjang otolit (OL) dan lebar otolit (OW) setelah linearisasi dengan transformasi logaritme natural. Semua hubungan regresi ini menunjukkan nilai-p untuk

model $< 0,05$ yang menyatakan hubungan signifikan antara TL dengan OL dan OW. Semua hubungan regresi menunjukkan kesesuaian data amatan dengan model perpangkatan ('lack-of-fit': nilai-p $> 0,05$).

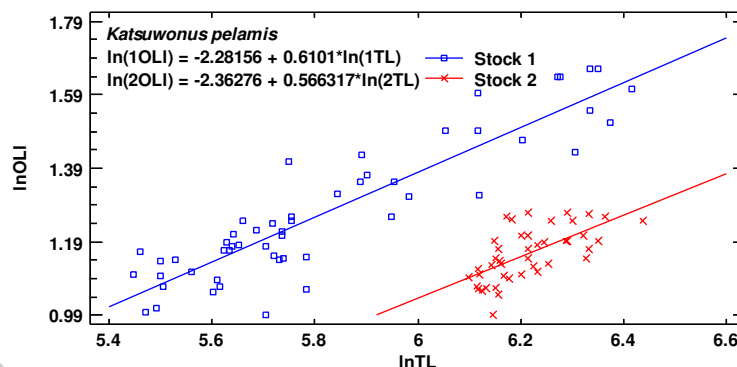
Untuk membandingkan regresi linear hubungan $\ln(TL) - \ln(OL)$ antara stok 1 dan stok 2 (Gambar 7) menunjukkan kesamaan kemiringan (b) (rasio- $F = 0,10$; nilai- $p = 0,751$) dan ketidaksamaan intersep (a) (rasio- $F = 326,52$; nilai- $p = 0,000$). Pada panjang total (TL) yang sama, panjang otolit (OL) ikan cakalang stok 1 lebih panjang dari pada stok 2. Demikian juga dengan perbandingan regresi linear hubungan $\ln(TL) - \ln(OW)$ antara stok 1 dan stok 2 (Gambar 8) menunjukkan kesamaan

kemiringan (b) (rasio- $F = 2,11$; nilai- $p = 0,158$) dan ketidaksamaan intersep (a) (rasio- $F = 289,16$; nilai- $p = 0,000$). Pada panjang total (TL) yang sama, lebar otolit (OW) ikan cakalang stok 1 lebih lebar dari pada stok 2. Pemisahan stok berdasarkan ukuran otolit ini dapat menaikkan nilai r (koefisien korelasi) dan juga nilai b (kemiringan) baik untuk hubungan $\ln(LT) - \ln(OL)$ maupun hubungan $\ln(LT) - \ln(OW)$ ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*).

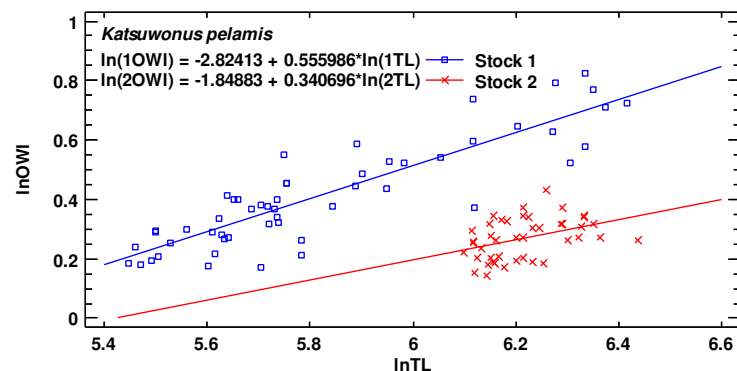
Tabel 3. Hubungan regresi linear $\ln(LT) - \ln(OL)$ dan $\ln(LT) - \ln(OW)$ ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) stok 1 dan stok 2

Stok	Model	n	r	ANOVA			
				Model		Lack-of-fit	
				Rasio-F	Nilai-p	Rasio-F	Nilai-p
1	$\ln(OL) = -2,282 + 0,610 * \ln(TL)$	53	0,907	236,19	0,000**	1,38	0,369 ^{tn}
2	$\ln(OL) = -2,363 + 0,566 * \ln(TL)$	43	0,644	29,00	0,000**	0,99	0,551 ^{tn}
1	$\ln(OW) = -2,824 + 0,556 * \ln(TL)$	53	0,881	176,36	0,000**	0,72	0,758 ^{tn}
2	$\ln(OW) = -1,849 + 0,341 * \ln(TL)$	43	0,407	8,13	0,007**	0,86	0,647 ^{tn}

** sangat nyata; * nyata; ^{tn} tidak nyata



Gambar 7. Perbandingan garis regresi $\ln(OL) - \ln(TL)$ ikan cakalang *Katsuwonus pelamis* stok 1 dan stok 2



Gambar 8. Perbandingan garis regresi $\ln(OW) - \ln(TL)$ ikan cakalang *Katsuwonus pelamis* stok 1 dan stok 2

KESIMPULAN

Analisis biometri otolit ikan cakalang, *Katsuwonus pelamis*, dapat bermanfaat dalam studi stok ikan tersebut dalam rangka pengelolaan perikanan berkelanjutan. Ikan cakalang yang terdapat di Laut Sulawesi ada kemungkinan terdiri dari dua stok yang berbeda. Diskriminasi kedua stok tersebut terutama dapat ditentukan lewat ukuran otolitnya, stok 1 berukuran otolit relatif besar dibandingkan dengan stok 2. Dengan sampling tunggal ikan cakalang terutama di sekitar rumpon (FAD) dengan soma pajeko (mini purse-seine) dapat ditentukan apakah ikan cakalang terdiri dari satu stok tunggal atau lebih dengan mempelajari ukuran otolitnya. Sebagaimana penelitian Wujdi *et al.* (2018) ada kemungkinan stok 1 merupakan stok Samudra Hindia dan stok 2 merupakan stok Samudra Pasifik Barat. Untuk menguji hipotesis ini perlu kajian secara genetik.

PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Sdr. Saiful Bahri, S.Pi yang banyak membantu dalam pekerjaan laboratorium baik mengekstraksi otolit maupun analisis 'ImageJ'.

DAFTAR PUSTAKA

- Afanasyeva, P. K., A. M. Orlova dan A. Y. Rolskye. 2017. Otolith shape analysis as a tool for species identification and studying the population structure of different fish species. *Biology Bulletin*, 44 (8) : 952-959.
- Bahri, S., L. J. L. Lumingas dan F. B. Manginsela. 2018. Analisis biometri otolit ikan selar betong, *Selar crumenophthalmus* (Bloch, 1793) (Teleostei: Carangidae) di Teluk Manado, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 6 (2):124-138.
- Campana, S. E. dan J. M. Casselman. 1993. Stock discrimination using otolith shape analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50 : 1062-1082.
- Collette, B. B. dan C. E. Nauen, 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.* Rome: FAO. FAO Fish. Synop. 125(2):137 hal.
- Dammannagoda, S. T., D. Hurwood dan P. Mather. 2011. Genetic analysis reveals two stocks of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the north western Indian Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (CJFAS)*, 68(2), pp. 210-223.
- Draper, N. R., and H. Smith. 1998. *Applied regression analysis*, 3rd ed. Wiley, New York.
- FAO. 2018. *FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2016/FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture 2016/FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura 2016.* Rome/Roma. 104 pp.
- Froese, R. dan Pauly, D. (Editors). 2019. *FishBase. Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758). Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=127018> on 2019-04-10.
- Keating, J. P., D. Brophy, R. A. Officer dan E. Mullins. 2014. Otolith shape analysis of blue whiting suggests a complex stock structure at their spawning grounds in Northeast Atlantic. *Fisheries Research*, 157 : 1-6.
- KKP. 2019. *Dashboard Produksi Perikanan dan Kelautan. Satu Data- Kementerian Kelautan dan Perikanan.*
- Ladroit, Y., C. O. Maolagain dan P. L. Horn. 2017. An investigation of otolith shape analysis as a tool to determine stock structure of ling

- (*Genypterus blacodes*). New Zealand Fisheries Assessment Report 2017/24. Ministry for Primary Industries, Manatu Ahu Matua, New Zealand Government. Growing and Protecting New Zealand.
- Leguá, J., G. Plaza, D. Pérez dan A. Arkhipkin. 2013. Otolith shape analysis as a tool for stock identification of the southern blue whiting, *Micromesistius australis*. Latin American Journal of Aquatic Research. 41 (3) : 479-489.
- McMillan, P. J., L. H. Griggs, M. P. Francis, P. J. Marriott, L. J. Paul, E. Mackay, B. A. Wood, H. Sui dan F. Wei, 2011. New Zealand fishes. Volume 3: A field guide to common species caught by surface fishing. New Zealand Aquatic Environment and Biodiversity Report No. 69. 145 hal.
- Nugraha, B. dan S. Mardijah. 2008. Beberapa aspek biologi cakalang (*Katsuwonus pelamis*) yang didaratkan di Bitung, Sulawesi Utara. Bawal, 2 (1) : 45-50.
- Rivaton, J. dan P. Bourret. 1999. Les otolithes des poisson de l'Indo-Pacifique. Institut de Recherche pour le Developpement, Centre de Nouméa. Doc. Sci. Tech. No. II2, Volume Spécial. 378 hal.
- Sánchez, R. O. dan V. H. Martínez. 2017. Morphological variations of the three otoliths of some species of the family Loricariidae (Ostariophysi: Siluriformes). *Neotropical Ichthyology*, 15 (1) : e160058(1-10).
- Scherrer, B. 1984. Biostatistique. Gaëtan Morin Éditeur. Boucherville, Canada.
- Susanto, A. N. dan L. J. L. Lumingas. 2014. Pendugaan pertama matang kelamin dan pertumbuhan alometri ikan cakalang, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758), yang didaratkan di Pulau Ternate. Aquatic Science & Management, 2 (2) : 29-34.
- Wujdi A., B. Setyadi dan S. C. Nugroho. 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.
- Wujdi, A., M. Agustina dan I. Jatmiko. 2018. Indeks bentuk otolit ikan cakalang, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) dari Samudra Hindia. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 18 (2) : 151-163.
- Wujdi, A., Prihatiningsih dan Suwarso. 2016. Karakteristik morfologi dan hubungan morfometrik otolith dengan ukuran ikan lemuru (*Sardinella lemuru* Bleeker, 1853) di Selat Bali. *Bawal*, 8 (3) : 159-172.
- Zar, J.H. 2010. Biostatistical Analysis. 5th ed. Pearson Education Ltd., London.