

KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI PADA IKAN TUNA (YELLOWFIN DAN BIGEYE) DAN TUNA-LIKE (SWORDFISH) HASIL TANGKAPAN DARI SAMUDERA HINDIA DAN SAMUDERA PASIFIK

Study on Mercury Concentrations in Tuna (Yellowfin and Bigeye) and Tuna-like (swordfish) Caught from Indian and Pacific Oceans

Tri Handayani^{1*}, Mohamad Syamsul Maarif², Ety Riani³, dan Nazori Djazuli⁴

¹ Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

² Sekolah Bisnis, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

³ Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

⁴ PT. Dharma Samudera Fishing Industries, Tbk., Jakarta, Indonesia

*Korespondensi Penulis: yen.han27@gmail.com

Diterima: 13 Desember 2018; Direvisi: 20 Maret 2019; Disetujui: 17 Mei 2019

ABSTRAK

Komoditi tuna dan *tuna-like* merupakan hasil perikanan yang memiliki nilai ekonomis bagi Indonesia. Namun, logam berat dapat terakumulasi di biota ini karena posisinya sebagai *top predator*. Penelitian ini menganalisis 895 data sekunder hasil pengujian merkuri *yellowfin* tuna (*Thunnus albacares*), *bigeye* tuna (*Thunnus obesus*) dan *swordfish* (*Xiphias gladius*), yang merupakan data *official control* oleh Badan Karantina, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan (BKIPM). Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis kandungan merkuri *yellowfin* tuna, *bigeye* tuna dan *swordfish*, serta korelasinya dengan berat ikan dan menganalisis data kontaminasi merkuri *yellowfin* tuna, *bigeye* tuna dan *swordfish* terkait pencemaran habitat perairan asal bahan baku di Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Metode analisis menggunakan regresi linier dan analisis *t-test*. Pengujian merkuri menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometric* (AAS). Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan merkuri sangat bervariasi antar jenis, berat dan asal perairan. Dua jenis tuna dari kedua perairan mengandung merkuri <1,0 mg/kg, kandungan merkuri *yellowfin* tuna berkisar antara 0,06±0,06 mg/kg hingga 0,33±0,18 mg/kg, sedangkan *bigeye* tuna antara 0,05±0,02 mg/kg hingga 0,33±0,14 mg/kg. Berat kedua ikan tidak berkorelasi terhadap kandungan merkuri, namun pada *bigeye* tuna terdapat perbedaan konsentrasi merkuri yang signifikan antara kelompok berat 1-10 kg/ekor dengan ukuran yang lebih besar (>100 kg/ekor). Sebaliknya pada *swordfish*, kandungan merkuri meningkat dengan penambahan berat ikan, yang berkisar antara 0,08±0,01 mg/kg hingga 1,61±0,02 mg/kg. Terdapat 34% (>50 kg) *swordfish* dari Samudera Hindia yang kandungan merkuri nya melebihi batas 1,0 mg/kg. Kandungan merkuri tuna dan *tuna-like* hasil tangkapan di Samudera Hindia lebih tinggi dibandingkan Samudera Pasifik dan berbeda nyata, sehingga dapat mengindikasikan Samudera Hindia lebih tercemar merkuri.

KATA KUNCI : merkuri, Samudera Hindia, Samudera Pasifik, tuna dan *tuna-like*

ABSTRACT

Tuna and tuna-like species are considered as highly economic fish species for Indonesia. However, as a high-tropic level predatory species, tuna may accumulate heavy metal contaminants. This study analyzed 895 secondary data of mercury levels in tuna and tuna-like species, based on official control conducted by Badan Karantina Ikan, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan (BKIPM). The objectives of this study were to analyze correlations between mercury contents in yellowfin, bigeye and swordfish with fish weight and fish habitats (Indian and Pacific Oceans). Mercury was analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometric (AAS). The data was analyzed based on linear regression and t-test. The result found that mercury concentrations varied significantly among species, weight and fish habitats. Two tuna species from two habitats, have mercury concentration of <1.0 mg/kg. Mercury in yellowfin ranged from 0.06±0.06 mg/kg to 0.33±0.18 mg/kg, while in bigeye it ranged from 0.05±0.02 mg/kg to 0.33±0.14 mg/kg. For yellowfin and bigeye, mercury concentrations were weakly associated with fish weight, except in bigeye, there was a significant difference of mercury concentration between the fish at the group of 1-10 kg with the larger size (>100 kg). In contrast, a strong relationship between mercury content with fish

weight was observed in swordfish, where mercury concentration increased with increasing fish weight. It ranged from 0.08 ± 0.01 mg/kg to 1.60 ± 0.02 mg/kg, and 34% of swordfish caught from the Indian Ocean (>50 kg of weight) have mercury content that exceeded 1.0 mg/kg. Mercury concentration of tuna and tuna-like caught from the Indian Ocean were significantly higher than those caught from the Pacific Ocean, which could indicate that the Indian Ocean was more polluted in terms of mercury than the Pacific Ocean.

KEYWORDS: Indian Ocean, mercury, Pacific Ocean, tuna and tuna-like

PENDAHULUAN

Tuna dan *tuna-like* merupakan sumber pangan yang mengandung protein sangat penting untuk kesehatan, rendah kolesterol dan tinggi kandungan asam lemak omega-3 (n-3) (Llaurado et al., 2016). Jenis ikan ini memiliki nilai ekonomis penting, menyumbang ekonomi global lebih dari 40 milyar USD per tahun, dengan produksi hampir mencapai 5 juta ton (Galand, Rogers & Nickson, 2016). Ekspor tuna dan *tuna-like* Indonesia tahun 2014 sebesar 203.444 ton dengan nilai mencapai 677.900 USD (KKP, 2017). Di lain pihak, ikan dapat terkontaminasi oleh metil merkuri, yaitu bentuk merkuri yang sangat beracun dan mempunyai dampak buruk pada kesehatan, salah satunya perkembangan syaraf anak-anak (Llop et al., 2017).

Merkuri (Hg) adalah logam berat yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, yang dapat merusak atau menurunkan fungsi sistem syaraf pusat, merusak komposisi darah, paru-paru, ginjal dan organ vital lainnya, apabila dikonsumsi melebihi ambang batas (Darmono, 1995), merusak organ tubuh (Riani, 2015) dan dapat mengakibatkan cacat bawaan pada embrio yang dilahirkan (Riani, Sudarso & Cordova, 2014). Keberadaan merkuri di perairan dapat terjadi secara alamiah, melalui proses pelapukan dari bebatuan dan debu yang mengandung logam dari aktivitas gunung berapi, pelapukan tebing dan tanah serta aerosol dan partikulat dari permukaan lautan (Connell & Miller, 1995). Penggunaan merkuri pada industri, mencapai ± 3.000 jenis, antara lain pada industri pengolahan bahan-bahan kimia, insektisida untuk pertanian, obat-obatan, dan pertambangan (Alfian, 2006). Diperkirakan sekitar 350.000 ton merkuri tersimpan di lautan di seluruh dunia (Sunderland & Mason, 2007), dua pertiga dari jumlah tersebut berasal dari aktifitas manusia dari berbagai jenis industri (Lamborg et al., 2014). Di perairan, proses dekomposisi oleh bakteri dapat mengubah merkuri menjadi senyawa organik metil merkuri, selanjutnya diserap oleh jasad renik dan masuk dalam rantai makanan, yang kemudian akan terjadi akumulasi dalam tubuh hewan air seperti ikan dan kerang.

Sistem peringatan dini terhadap kasus pangan dan pakan Uni Eropa, yaitu *Rapid Alert System for Food*

and Feed (EU-RASFF) melaporkan adanya penolakan produk tuna dan *tuna-like* karena kandungan merkuri yang melebihi standar 1,0 ppm. Pada tahun 2014-2017 berturut-turut terjadi 99, 85, 98 dan 133 kasus penolakan, antara lain dari di Italia, Belanda, Spanyol, Portugal, Jerman dan beberapa negara lainnya (EC, 2017). Total kasus penolakan produk tuna dan *tuna-like* dari Indonesia pada tahun 2014-2017 sebanyak 13 kasus, berasal dari unit pengolahan ikan yang mengambil bahan baku dari tangkapan di Samudera Hindia. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kandungan kadar merkuri pada ikan bervariasi berdasarkan asal perairan, negara dan berat ikan yang berbeda (Burger & Gochtel, 2004; Kantun, Malawa & Rapi, 2014).

Sumber tangkapan tuna Indonesia, berasal dari selatan Samudera Hindia dan Samudera Pasifik, yang umumnya diproses di unit pengolahan ikan di DKI Jakarta, Bali dan Sulawesi Utara. Volume ekspor tuna dari kedua wilayah tersebut mencapai 131.823 ton dan 196.335 ton untuk tahun 2016 dan 2017, dengan nilai masing-masing sebesar 686,7 juta USD dan 1.042,1 juta USD (BKIPM, 2018a).

Mengingat cukup banyak kasus penolakan produk tuna dan *tuna-like* karena kandungan merkuri yang melebihi standar di pasar internasional dan Indonesia merupakan salah satu negara penghasil tuna dan *tuna-like* di dunia, sedangkan penelitian tentang kandungan merkuri pada tuna dan *tuna-like* masih kurang, maka studi ini penting untuk dilakukan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui tingkat cemaran merkuri pada ikan tuna dan *tuna-like*, mengetahui korelasi antara berat ikan dan kandungan merkuri pada masing-masing jenis ikan tuna dan *tuna-like* serta membandingkan tingkat cemaran pada ikan tuna dan *tuna-like* hasil tangkapan dari selatan Samudera Hindia dan barat Samudera Pasifik.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu data sekunder hasil pengujian merkuri *yellowfin* tuna (*Thunnus albacares*), *bigeye* tuna (*Thunnus obesus*) dan *swordfish* (*Xiphias gladius*), yang merupakan hasil

monitoring dalam rangka *official control* yang dilakukan BKIPM pada tahun 2012-2017 terhadap unit pengolahan ikan yang mengekspor komoditi tuna dan *tuna-like* dalam bentuk utuh, loin, saku atau *steak* ke negara-negara dengan persyaratan tinggi (Uni Eropa dan Amerika). Data yang dikumpulkan sebanyak 895, terdiri dari 443 data dari tujuh unit pengolahan ikan di Muara Baru-Jakarta dan Benoa-Bali untuk hasil tangkapan dari Samudera Hindia, dengan jumlah data sebanyak 167, 126 dan 150 masing-masing untuk jenis *yellowfin*, *bigeye* dan *swordfish*, serta 452 data yang berasal dari lima unit pengolahan ikan yang berlokasi di Bitung-Sulawesi Utara untuk hasil tangkapan dari Samudera Pasifik, masing-masing yaitu *yellowfin*, *bigeye* dan *swordfish* sebanyak 179, 218 dan 55 data. Monitoring merkuri dilakukan secara rutin sebagai persyaratan penerapan *hazard analysis critical control point* (HACCP) di unit pengolahan ikan dan penerbitan sertifikat kesehatan/*health certificate* (HC) untuk ekspor. Penentuan kandungan merkuri dilakukan di laboratorium yang bersertifikat ISO 17025 dengan metode SNI 01-2354.6-2006 (BSN, 2006), menggunakan alat *atomic absorption spectrophotometer* (AAS) furnace dari Perkin Elmer AAnalyst 800, dan dengan metode pengabuan basah.

Metode

Berat ikan dikelompokkan berdasarkan klasifikasi berat komersial yang digunakan dalam perdagangan internasional, yaitu: 1-10 kg, 11-30 kg, 31-50 kg, 51-

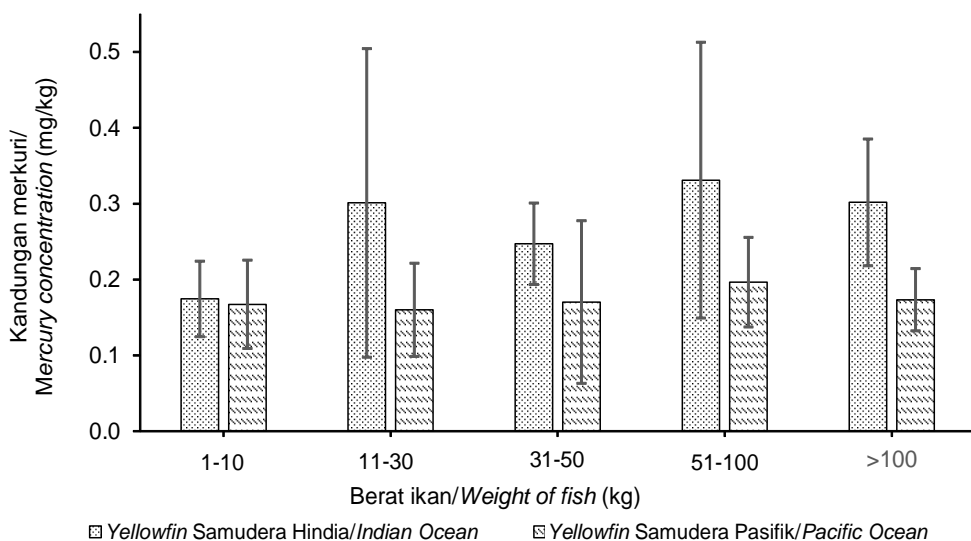
100 kg dan >100 kg. Data monitoring merkuri masing-masing jenis ikan ditabulasi berdasarkan klasifikasi berat ikan, kemudian dilakukan analisis korelasi antara rata-rata kandungan merkuri dengan berat ikan berdasarkan area penangkapan menggunakan regresi linier. Analisis *t-test* digunakan untuk membandingkan tingkat pencemaran di Samudera Hindia dan Samudera Pasifik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kontaminan Merkuri pada Ikan Tuna dan *Tuna-like*

Dari rata-rata total kandungan merkuri *yellowfin* tuna sebanyak 346 data, tidak ditemukan data yang lebih tinggi dari 1,0 mg/kg, yang merupakan batas aman yang dipersyaratkan secara nasional dan internasional (BSN, 2009; CAC, 2015; EC, 2008). Rata-rata total kandungan merkuri *yellowfin* tuna bervariasi mulai yang terendah sebesar $0,160 \pm 0,061$ mg/kg, yaitu *yellowfin* tuna hasil tangkapan di Samudera Pasifik pada kelompok berat ikan 11–30 kg/ekor, hingga yang tertinggi sebesar $0,331 \pm 0,182$ mg/kg dari ikan hasil tangkapan di Samudera Hindia dengan kelompok berat ikan 51-100 kg/ekor, seperti pada Gambar 1.

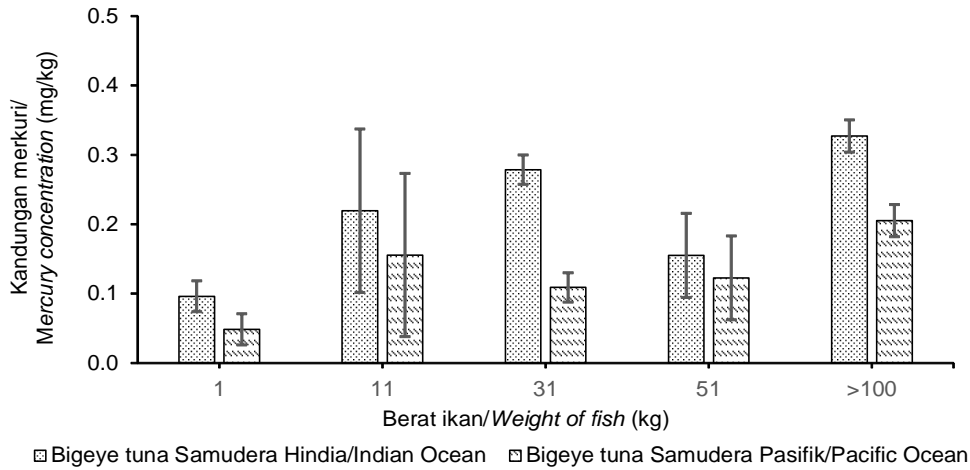
Hasil analisis terhadap 344 data hasil monitoring kandungan merkuri pada *bigeye* tuna menunjukkan bahwa rata-rata total kandungan merkuri masih berada di bawah ambang batas 1,0 mg/kg. Rata-rata kandungan



Sumber: BKIPM (2018b)

Gambar 1. Kandungan merkuri *yellowfin* tuna (*Thunnus albacares*) hasil tangkapan di Samudera Hindia dan Samudera Pasifik

Figure 1. Mercury concentrations in *yellowfin* tuna (*Thunnus albacares*) caught from the Indian and the Pacific Oceans



Sumber: BKIPM (2018b)

Gambar 2. Kandungan merkuri *bigeye* tuna (*Thunnus obesus*) hasil tangkapan dari Samudera Hindia dan Samudera Pasifik

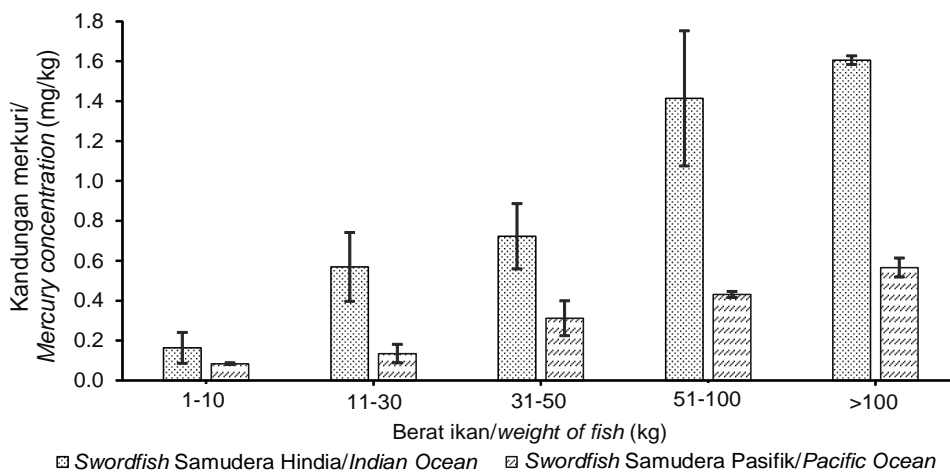
Figure 2. Mercury concentrations in *bigeye* tuna (*Thunnus obesus*) caught from the Indian and the Pacific Oceans

merkuri bervariasi berdasarkan berat ikan, dengan nilai terendah sebesar $0,05 \pm 0,02$ mg/kg yang berasal dari hasil tangkapan di Samudera Pasifik pada kelompok berat ikan 1-10 kg/ekor, dan nilai tertinggi sebesar $0,33 \pm 0,14$ mg/kg dari ikan hasil tangkapan di Samudera Hindia dengan kelompok berat ikan >100 kg/ekor, sebagaimana terlihat pada Gambar 2.

Rata-rata total kandungan merkuri *swordfish* dari 205 sampel terlihat bahwa konsentrasi merkuri terendah sebesar $0,08 \pm 0,01$ mg/kg dan tertinggi

$1,61 \pm 0,02$ mg/kg. Kandungan merkuri hasil tangkapan di Samudera Pasifik berkisar antara 0,08-0,57 mg/kg, dan tidak ada yang lebih dari 1,0 mg/kg, sedangkan *swordfish* hasil tangkapan dari Samudera Hindia sebanyak 27,3% yang melebihi batas aman 1,0 mg/kg, seperti terlihat pada Gambar 3.

Dari hasil analisis diketahui bahwa rata-rata kandungan merkuri pada *yellowfin* dan *bigeye* tuna berfluktuasi dan tidak melebihi ambang batas 1,0 mg/kg, yang merupakan batas maksimal merkuri yang



Sumber: BKIPM (2018b)

Gambar 3. Kandungan merkuri *swordfish* (*Xiphias gladius*) hasil tangkapan dari Samudera Hindia dan Samudera Pasifik

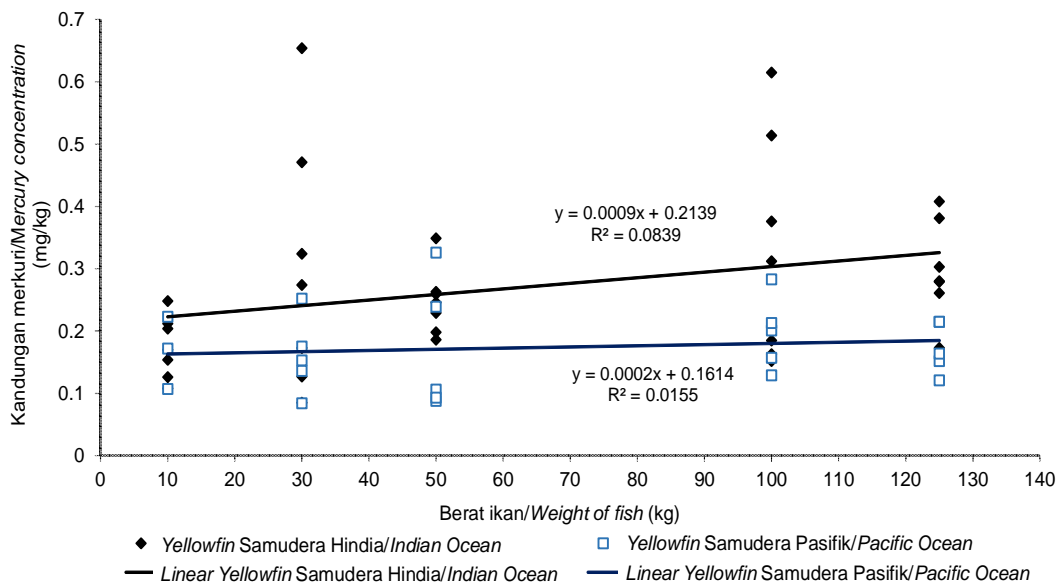
Figure 3. Mercury concentrations in *swordfish* (*Xiphias gladius*) caught from the Indian and the Pacific Oceans

ditetapkan oleh banyak negara (BSN, 2009; CAC, 2015; EC, 2008). Hal ini sesuai dengan studi yang dilakukan oleh Jinadasa, Jayasinghe, Edirisinghe, & Wickramasinghe (2015) di perairan Samudera Hindia, bahwa rata-rata kandungan merkuri dari semua klasifikasi berat *yellowfin* tuna dan *bigeye* tuna tidak ditemukan melebihi 1,0 mg/kg. Kandungan merkuri yang lebih rendah dari 1,0 mg/kg juga ditemukan pada *yellowfin* tuna dari hasil tangkapan di Selat Mozambik, yaitu 0,7 mg/kg dari hasil tangkapan di Kepulauan Reunion (Kojadinovic, Potier, Corre, Cosson & Bustamante, 2006), dan *yellowfin* tuna di perairan Samudera Pasifik dan Atlantik masing-masing berkisar antara 0,12-0,56 mg/kg dan 0,03-0,82 µg/kg (Kojadinovic et al., 2006)

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa merkuri terakumulasi pada rantai makanan pada ikan yang bersifat predator, seperti cucut, *swordfish* dan marlin, sehingga kadar merkuri pada ikan tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan jenis ikan lainnya (Jinadasa, Edirisinghe, & Wickramasinghe, 2013; Nicklisch, Bonito, Sandin, & Hamdoun, 2017). Ikan predator seperti *swordfish*, tuna dan hiu yang berada pada tingkat trofik atas pada rantai makanan akan terpapar kadar metil Hg yang lebih tinggi dari mangsanya (Chen, Chen, Chang & Huang, 2007; Yilmaz, 2009). Konsentrasi merkuri pada *yellowfin* dan *bigeye* tuna cenderung lebih rendah jika dibandingkan dengan *swordfish*, diduga dipengaruhi oleh perbedaan jenis

mangsa, laju pertumbuhan, tingkat kerakusan dan tingkat trofik pada rantai makanan (Ghaeni, Pour, & Hosseini, 2015; Kojadinovic et al., 2006; Yi, Tang, Yi, Yang, & Zhang, 2017). Yi et al. (2017) menyatakan bahwa perbedaan kandungan merkuri antara tuna dan *tuna-like* disebabkan perbedaan fisiologis spesies, tingkat kerakusan (*feeding habits*), tingkat pertumbuhan, rentang hidup, pola migrasi dan posisi rantai makanan. Storelli, Giacomini-Stuffler, Storelli, & Marcotrigiano (2005) menyatakan bahwa *swordfish* merupakan jenis predator puncak yang memiliki aktifitas metabolisme intensif, sehingga diperlukan suplai energi dan tingkat kerakusan yang tinggi, yang berakibat pada tingginya akumulasi polutan. Sebagai top predator yang menempati tingkat trofik yang lebih tinggi, *swordfish* menjadi tempat terakhir terjadinya bioakumulasi dan biomagnifikasi "*trace element*" pada rantai makanan (Gobert et al., 2017).

Hasil analisis regresi linier terhadap data rata-rata kandungan merkuri pada *yellowfin* tuna terlihat bahwa rata-rata konsentrasi merkuri ikan tuna cenderung tidak berkorelasi dengan berat ikan. Nilai *R square* (R^2) masing-masing sebesar 0,0839 untuk *yellowfin* tuna hasil tangkapan dari Samudera Hindia dan 0,0155 untuk hasil tangkapan dari Samudera Pasifik, seperti pada Gambar 4. Rata-rata kandungan merkuri *bigeye* tuna juga cenderung tidak berkorelasi dengan berat ikan, terlihat dari nilai R^2 sebesar 0,1111 untuk hasil tangkapan dari Samudera Hindia dan 0,1951 untuk



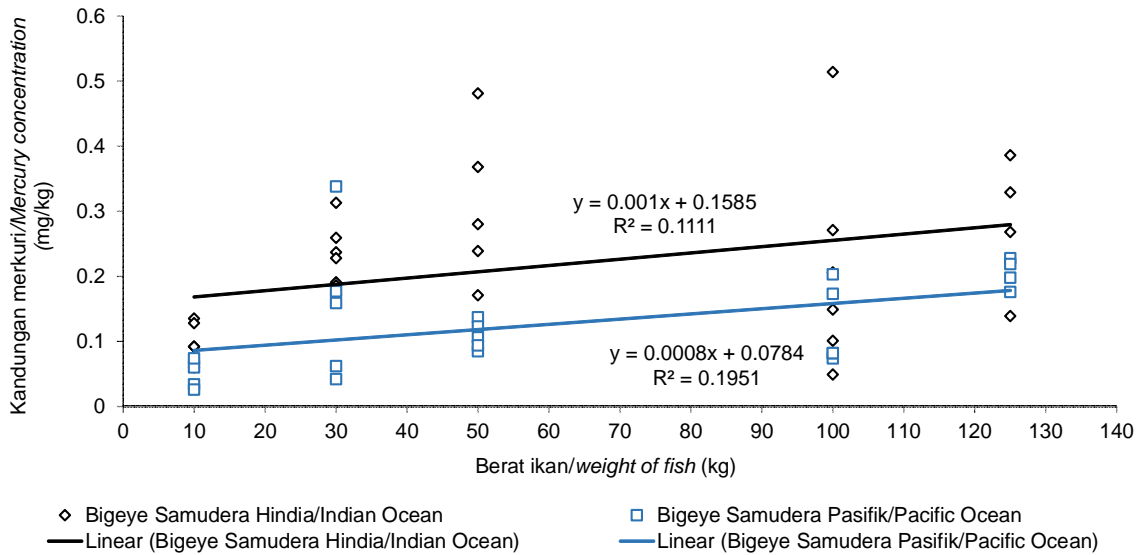
Sumber: BKIPM (2018b)

Gambar 4. Korelasi antara konsentrasi merkuri dengan berat *yellowfin* tuna hasil tangkapan di Samudera Hindia dan Samudera Pasifik

Figure 4. Correlation between mercury concentration and weight of *yellowfin* tuna caught from the Indian and the Pacific Oceans

hasil tangkapan dari Samudera Pasifik (Gambar 5). Hasil analisis terhadap kandungan merkuri pada *swordfish* menunjukkan, konsentrasi merkuri berkorelasi kuat dengan berat ikan, terlihat dari nilai

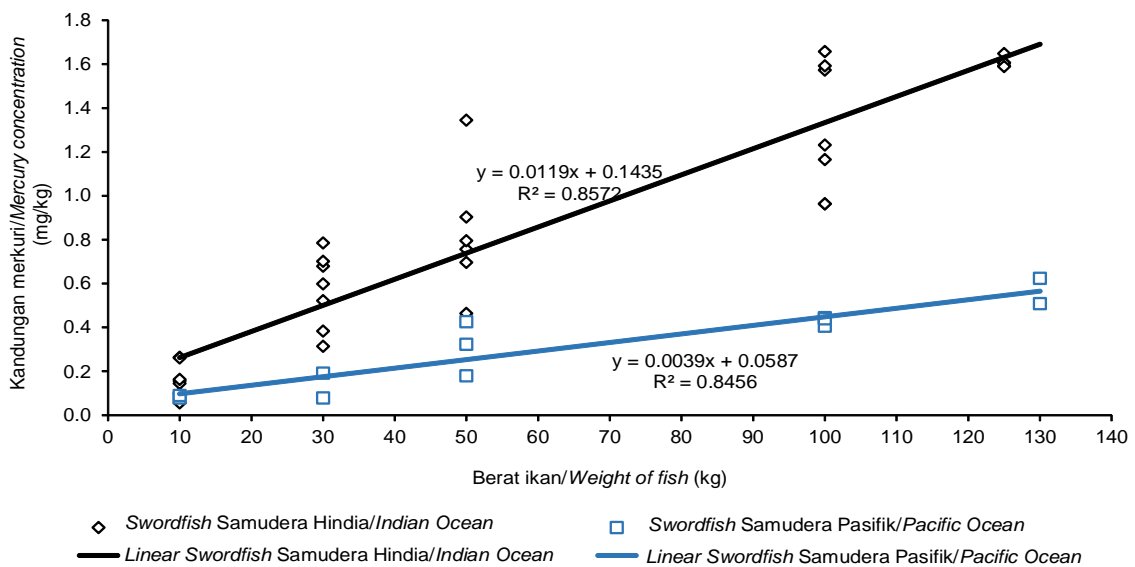
R^2 yaitu masing-masing sebesar 0,8572 untuk hasil tangkapan dari Samudera Hindia dan 0,8456 untuk hasil tangkapan dari Samudera Pasifik, seperti pada Gambar 6.



Sumber: BKIPM (2018b)

Gambar 5. Korelasi antara konsentrasi merkuri dengan berat *bigeye* tuna hasil tangkapan di Samudera Hindia dan Samudera Pasifik

Figure 5. Correlation between mercury concentration and weight of *bigeye* tuna caught from the Indian and the Pacific Oceans



Sumber: BKIPM (2018b)

Gambar 6. Korelasi antara konsentrasi merkuri dengan berat *swordfish* hasil tangkapan di Samudera Hindia dan Samudera Pasifik

Figure 6. Correlation between mercury concentration and weight of *swordfish* caught from the Indian and the Pacific Oceans

Hasil analisis regresi linier menunjukkan bahwa secara umum, berat ikan tuna dan *tuna-like* cenderung tidak berkorelasi terhadap peningkatan rata-rata kandungan merkuri, namun pada *bigeye* tuna terdapat perbedaan konsentrasi merkuri yang signifikan antara kelompok berat 1-10 kg/ekor dengan ukuran yang lebih besar, terutama yang berukuran di atas 100 kg/ekor. Sedangkan *swordfish* pada kelompok berat yang sama, rata-rata kandungan merkuri berkorelasi kuat dengan berat ikan. Ion metil merkuri mudah dimakan oleh biota perairan dalam sistem rantai makanan karena sifatnya yang mudah larut dalam air (Palar, 2004), yang selanjutnya dimakan oleh organisme air tingkat trofik terendah, hingga berlanjut pada biota tingkat trofik tertinggi (Klaassen, Doull, & Amdur, 1986). Perbedaan trend rata-rata kandungan merkuri pada tuna dan *tuna-like*, diduga berkaitan juga dengan pola mangsa dalam rantai makanan. Connel dan Miller (1995) menyatakan bahwa peningkatan kandungan merkuri pada ikan tuna dan *tuna-like* bisa terjadi karena proses bioakumulasi dan biomagnifikasi secara terus menerus melalui rantai makanan. *Swordfish* merupakan jenis predator teratas (*apex predator*), yang memiliki tingkat kerakusan tinggi dibanding jenis ikan lain (Olvera, Garcia, Valdez, & Sanchez, 2018; Sierra et al., 2016), sehingga dimungkinkan menjadi penampung terakhir (*end reservoir*) terhadap akumulasi "*trace element*" pada rantai makanan (Mansour & Sidky, 2002).

Korelasi antara kandungan merkuri dan berat ikan pada tuna dan *swordfish* yang berbeda, diduga berkaitan dengan kemampuan ikan untuk mengeluarkan merkuri yang masuk ke dalam tubuhnya. Hal ini sejalan dengan pendapat Koeman (1987) bahwa secara alami, ikan memiliki kemampuan untuk mengeluarkan bahan toksik dari tubuhnya (homeostatis) melalui sekresi cairan pencernaan dalam jumlah yang relatif lebih tinggi dibanding biasanya dan proses detoksifikasi untuk mengurangi kadar racun dalam tubuhnya melalui proses biokimia atau proses lainnya. Riani (2012) menyatakan bahwa, apabila jumlah merkuri melebihi ambang batas, maka hati tidak mampu mendetoksifikasi sehingga merkuri beredar ke seluruh tubuh dan sebagian berikatan dengan gugus sulfidril yang bersifat *irreversible*. Tingkat kerakusan *swordfish* yang lebih tinggi dibandingkan dengan tuna (Nootmorn et al., 2007; Portier et al., 2007), diduga juga ikut berpengaruh terhadap menurunnya kemampuan untuk menetralkan merkuri yang masuk ke dalam tubuhnya dibandingkan dengan tuna.

Lokasi Potensial Kontaminan Merkuri pada Ikan Tuna dan *Tuna-like*

Pengujian hipotesis menggunakan uji beda (*independent sample t-test*) dilakukan untuk

mengetahui perbedaan rata-rata antara ikan hasil tangkapan dari Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Konsentrasi merkuri pada ikan tuna dan *tuna-like* hasil tangkapan dari Samudera Hindia lebih tinggi dibandingkan dengan Samudera Pasifik. Konsentrasi merkuri tertinggi untuk *yellowfin* dan *bigeye* tuna dari Samudera Pasifik masing-masing sebesar 0,20 mg/kg dan 0,21 mg/kg sedangkan hasil tangkapan dari Samudera Hindia masing-masing sebesar 0,33 mg/kg dan 0,39 mg/kg. *Swordfish* hasil tangkapan dari Samudera Pasifik memiliki konsentrasi tertinggi rata-rata sebesar 0,57 mg/kg, sedangkan tangkapan dari Samudera Hindia melewati 1,0 mg/kg, yaitu sebesar 1,61 mg/kg.

Rata-rata kandungan merkuri pada *yellowfin* tuna, *bigeye* tuna dan *swordfish* hasil tangkapan di Samudera Hindia dengan hasil tangkapan di Samudera Pasifik berbeda nyata. Jinadasa et al. (2013), menyatakan bahwa kandungan merkuri dalam spesies tertentu sangat bervariasi, tergantung pada ukuran ikan, posisinya dalam rantai makanan, dan area penangkapan. Hal ini diperlihatkan dari kandungan merkuri *swordfish* dari Sri Lanka yang lebih tinggi dibandingkan *swordfish* yang berasal dari Samudera Atlantik dan Kepulauan Mozambik. Perbedaan yang nyata antara kandungan merkuri tuna dan *tuna-like* antara hasil tangkapan di perairan Samudera Hindia dan Samudera Pasifik, diduga berkaitan dengan penggunaan merkuri oleh industri, baik yang berasal dari limbah maupun buangan emisi yang berdampak pada pencemaran di masing-masing lingkungan perairan. Driscoll et al. (2013), menyatakan bahwa emisi global merkuri berkisar antara 6.500 hingga 8.200 mg per tahun.

Asia merupakan wilayah regional terbesar pengguna merkuri di dunia, khususnya pada industri pertambangan emas skala kecil atau *artisanal small-scale gold mining* (ASGM). Hal ini sesuai dengan pernyataan dari United Nations Environment Programme (UNEP) bahwa penggunaan merkuri dunia terbesar pada industri ASGM berada di wilayah Asia dan Afrika, dengan jumlah sebesar 1.011 ton dibandingkan penggunaan total dunia sebesar 1.735 ton (UNEP, 2017). Limbah dari industri tersebut diduga bermuara ke Samudera Hindia dan menyebabkan perairan terkontaminasi merkuri. Di lain pihak, Samudera Pasifik cenderung tidak tercemar karena berada di antara negara-negara maju yang menerapkan aturan penggunaan merkuri yang sangat ketat. Negara di sekitar Samudera Pasifik menyumbang emisi merkuri bukan disebabkan pembuangan limbah oleh industri secara langsung ke lingkungan, tetapi karena pelepasan emisi merkuri dari proses produksi, yaitu pembakaran pada pertambangan batubara, industri semen dan produksi logam *non-ferrous* (UNEP, 2013).

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data, dapat disimpulkan bahwa: 1) Kandungan merkuri sangat bervariasi antar jenis ikan, berat ikan dan asal perairan Samudera Hindia atau Samudera Pasifik. Rata-rata kandungan merkuri ikan tuna tidak melebihi 1,0 mg/kg dan berat ikan cenderung tidak berkorelasi dengan kandungan merkuri, namun terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi merkuri pada *bigeye* tuna kelompok berat 1-10 kg/ekor dengan ukuran yang lebih besar (>100 kg/ekor). Sedangkan pada *swordfish*, kandungan merkuri meningkat dengan penambahan berat ikan dan pada ukuran >50 kg terdapat *swordfish* dengan kandungan Hg melebihi batas 1,0 mg/kg. 2) Perairan Samudera Hindia cenderung lebih tercemar merkuri dibanding Samudera Pasifik, hal ini berkaitan dengan penggunaan dan pembuangan limbah merkuri dari industri di negara yang berada pada lintasan Samudera Hindia, sedangkan negara pada lintasan Samudera Pasifik cenderung menerapkan aturan penggunaan merkuri yang sangat ketat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, Z. (2006). Merkuri antara manfaat dan efek penggunaannya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. *Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap Universitas Sumatera Utara*. 1 Mei 2006.
- Badan Karantina Ikan Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan (BKIPM)] . (2018a). *Data Pusat Pengendalian Mutu*. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan. Tidak dipublikasikan.
- Badan Karantina Ikan, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan (BKIPM). (2018b). *Data pengujian merkuri di Unit Pengolahan Ikan dalam rangka penerbitan Health Certificate tahun 2012–2017*. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan. Tidak dipublikasikan.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2006). *Cara uji kimia-bagian 6: penentuan kadar logam berat merkuri (Hg) pada produk perikanan. SNI 01-2354.6-2006*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2009). *Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan. SNI 7387-2009*. Jakarta.
- Burger, J., & Gochtel, M. (2004). Mercury in canned tuna: white versus light and temporal variation. *J. Environmental Research*, 96, 239-249. doi:10.1016/j.envres.2003.12.001.
- Codex Alimentarius Commission (CAC). (2015). General standard for contaminants and toxins in food and feed (Codex stan 193-1995). *Codex Alimentarius International Food Standards*. FAO–WHO.
- Chen, M. H., Chen, C. Y., Chang, S. K., & Huang, S. W. (2007). Total and organic mercury concentrations in the white muscles of swordfish (*Xiphias gladius*) from the Indian and Atlantic oceans. *Food Additives and Contaminants*, 24(9), 969-975. https://doi.org/10.1080/12652030701305470.
- Connell, W., & Miller, G. (1995). *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran* (diterjemahkan oleh Yanti Koestoer dan Sahati). Jakarta: UI Press.
- Darmono. (1995). *Logam dalam Sistem Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press.
- Driscoll, C. T., Mason, R. P., Chan, H. M., Jacob, D. J., & Pirrone, N. (2013). Mercury as a global pollutant: sources, pathways, and effects. *Environmental Science and Technology*, 47, 4967–4983. http://dx.doi.org/10.1021/es305071v.
- European Commission (EC). (2008). Commission Regulation (EC), No 629/2008 of 2nd of July 2008. Amending Regulation (EC No. 1881/2006: Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal European Union*, 173, 6–9.
- European Commission (EC). (2017). *RASFF–The rapid alert system for food and feed portal*. Retrieved from https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/portal/?event=searchForm&cleanSearch=1.
- Galand, G., Rogers, A., & Nickson, A. (2016). *Netting billions: A global valuation of tuna*. Washington DC: The Pew Charitable Trust Fund.
- Ghaeni, M., Pour, N. A., & Hosseini, M. (2015). Bioaccumulation of polychlorinated biphenyl (PCB), polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH), mercury, methyl mercury and arsenic in blue crab *Portunus segnis* from Persian Gulf. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 187(5), 253-261. doi: 10.1007/s10661-015-4459-9.
- Gobert, S., Pasqualini, V., Dijoux, J., Lejeune, J., Durieux, E. D. H., & Marengo, M. (2017). Trace element concentrations in the apex predator swordfish (*Xiphias gladius*) from a Mediterranean fishery and risk assessment for consumers. *Marine Pollution Bulletin*, 120(1-2), 364-369. http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.05.029.
- Jinadasa, B. K. K. K., Edirisinghe, E. M. R. K. B., & Wickramasinghe, I. (2013). Total mercury content, weight and length relationship in swordfish (*Xiphias gladius*) in Sri Lanka. *Food Additives & Contaminants: Part B: Surveillance*, 1-5. doi:10.1080/19393210.2013.807521.
- Jinadasa, B. K. K. K., Jayasinghe, G. D. T. M., Edirisinghe, E. M. R. K. B., & Wickramasinghe, I. (2015). Mercury concentration of muscle tissue and relationship with size of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, of the Indian Ocean. *European Journal of Academic Essays*, 2(4), 35-40.
- Kantun, W., Mallawa, A. & Rapi, N. L. (2014). Perbandingan struktur ukuran tuna madidihang (*Thunnus alabacares*) yang tertangkap pada rampon laut dalam dan laut dangkal di Perairan Selat Makassar. *Jurnal IPTEKS PSP*, 1(2), 112-128.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). (2017). Ekspor tuna cakalang tongkol Indonesia 6 tahun terakhir (2012-2017), kondisi dan harapan. Retrieved from https://kkp.go.id/djpdspk/artikel/2746-ekspor-tuna-cakalang-tongkol-indonesia-6-tahun-terakhir-2012-2017-kondisi-dan-harapan.

- Klaassen, C. D., Doull, J. & Amdur, M. O. (1986). *Toxicology. The Basic Science of Poisons*. (3th. Ed.). New York: Macmillan Publishing Company.
- Koeman, J. H. (1987). *Pengantar Umum Toksikologi*. (diterjemahkan oleh Yudono). Yogyakarta: Gadjahmada University Press.
- Kojadinovic, J., Potier, M., Corre, L. M., Cosson, R. P., & Bustamante, P. (2006). Mercury content in commercial pelagic fish and its risk assessment in the Western Indian Ocean. *Science of the Total Environment*, 366(2-3), 688–700. doi:10.1016/j.scitotenv.2006.02.006.
- Lamborg, C.H., Hammerschmidt, C.R., Bowman, K.L., Swarr, G.J., Munson, K.M., Ohnemus, D.C., Lam, P.J., Heimbürger, L.E., Rijkenberg, M.J., & Saito, M.A. (2014). A global ocean inventory of anthropogenic mercury based on water column measurements. *Nature*. 512: 65-68. <http://dx.doi.org/10.1038/nature13563>.
- Llaurado, G. M., Garcia, P. M., Escribano, J., Monasterolo, C. R., Luque, V., Grote, V., Weber, M., Espínola, F. J., Kowalska, J. C., Verduci, E., Martin, F., Piqueras, M. J., Koletzko, B., Decsi, T., Campoy, C., & Emmet, P. P. (2016). Fish consumption in mid-childhood and its relationship to neuropsychological outcomes measured in 7–9 year old children using a nutrimenthe neuropsychological battery. *Journal of Clinical Nutrition*, 35(6), 1301-1307. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2016.02.008>.
- Llop, S., Ballester, F., Murcia, M., Forns, J., Tardon, A., Andiarana, A., Vioque, J., Ibarluzea, J., Somoano, A.F., Sunyer, J., Julvez, J., Rebagliato, M., & Espinosa, M, J, L. (2017). Prenatal exposure to mercury and neuropsychological development in young children: the role of fish consumption. *International Journal of Epidemiology*, 46(3), 827-838. <https://doi.org/10.1093/ije/dyw259>.
- Mansour, S. A., & Sidky, M. M. (2002). Ecotoxicological studies. Heavy metals contaminating water and fish from Fayoum Governorate. *Egypt. Food Chem*, 78, 15-22. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00197-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00197-2).
- Nicklisch, S. C. T., Bonito, L. T., Sandin, S., & Hamdoun, A. (2017). Mercury levels of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) are associated with capture location. *Journal of Environmental Pollution*, 229, 87-93. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2017.05.070>.
- Nootmorn, P., Sumontha, M., Keereerut, P., Jayasinghe, R. P. P., Jagannath, N., & Sinha, M. K. (2007). Stomach content of the large pelagic fishes in the Bay of Bengal. *IOTC-2008-WPEB-11*, 1–13.
- Olvera, A. T., Garcia, S. O., Valdez, A. T., & Sanchez, O. E. (2018). Feeding habits of the wordfish (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758) in the subtropical northeast Pacific. *Journal of Hydrobiologia*, 822(1), 173-188. <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3680-2>.
- Palar, H. (2004). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Portier, M., Marsac, F., Cherel, Y., Lucas, V., Sabatie, R., Maury, O., & Menard, F. (2007). Forage fauna in the diet of three large pelagic fishes (lancet, swordfish and yellowfin tuna) in the western equatorial Indian Ocean. *Fisheries Research*, 83, 60–72. doi:10.1016/j.fishres.2006.08.020.
- Riani, E. (2012). *Perubahan Iklim dan Kehidupan Akuatik (Dampak pada Bioakumulasi Bahan Berbahaya dan Beracun & Reproduksi)*. Bogor: IPB Press.
- Riani, E., Sudarso, Y., & Cordova, M. R. (2014). Heavy metals effect on unviable larvae of *Dicrotendipes simpsoni* (Diptera: Chironomidae), a case study from Saguling Dam, Indonesia. *International Journal of the Bioflux Society*, 7(2), 76-84.
- Riani, E. (2015). The effect of heavy metals on tissue damage in different organs of goldfish cultivated in floating fish net in Cirata Reservoir, Indonesia. *PARIPEX - Indian Journal of Research*, 4(2), 54-58.
- Sierra, D. M., Tiznado, M. E. B., Farias, F. M., Rojas, Y. E. T., Inzunza, J. R. R., & Osuna, F. P. (2016). Trace metals in target tissues and stomach contents of the top predator sailfish *Istiophorus platypterus* from the Eastern Pacific: concentrations and contrasting behavior of biomagnification. *Journal of Environmental Science Pollution Research*, 23(23), 23791-23803. doi:10.1007/s11356-016-7551-y.
- Storelli, M. M., Giacomini-Stuffler, R., Storelli, A., Marcotrigiano, G. O. (2005). Accumulation of mercury, cadmium, lead and arsenic in swordfish and bluefin tuna from the Mediterranean Sea: a comparative study. *Marine Pollution Bulletin*, 50, 1004–1007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.06.041>.
- Sunderland, E. M., & Mason, R. (2007). Human impact on ocean mercury concentration. *Global Biogeochemical Cycles*, 21, 1-15. doi:10.1029/2006GB002876.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2013). *Global Mercury Assessment 2013: Sources, emissions, releases and environmental transport*. Geneva, Switzerland: United Nations Environment Programme Chemicals and Health Branch.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2017). *Global mercury supply, trade and demand*. Geneva, Switzerland: United Nations Environment Programme Chemicals and Health Branch.
- Yi, Y., Tang, C., Yi, T., Yang, Z., & Zhang, S. (2017). Health risk assessment of heavy metals in fish and accumulation patterns in food web in the upper Yangtze River, China. *Journal of Ecotoxicology and Environmental Safety*, 145, 295-302. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.07.022>.
- Yilmaz, W. (2009). The comparison of heavy metal concentrations (Cd, Cu, Mn, Pb, and Zn) in tissues of three economically important fish (*Anguilla anguilla*, *Mugil cephalus* and *Oreochromis niloticus*) Inhabiting Köycegiz Lake-Mugla, Turkey. *Turkish Journal of Science and Technology*, 4(1), 7-15.

