

BAHAYA KANDUNGAN LOGAM BERAT (Cd, Hg, Pb) PADA PRODUK OLAHAN *Pterygoplichthys pardalis* ASAL SUNGAI CILIWUNG JAKARTA BAGI KESEHATAN MANUSIA

HAZARDS OF HEAVY METAL CONTENT (Cd, Hg, Pb) IN PROCESSED PRODUCTS OF *Pterygoplichthys pardalis* ORIGIN IN JAKARTA CILIWUNG RIVER FOR HUMAN HEALTH

Handhini Dwi Putri^{1*}, Dewi Elfidasari¹, Haninah¹, Irawan Sugoro²

¹Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Al-Azhar Indonesia
Jl. Sisingamangara, Kebayoran Baru, Jakarta 12110

²Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR), Badan Tenaga Nuklir Nasional
Jl. MH. Thamrin No. 8 Jakarta Pusat 10340

ABSTRAK

Sungai Ciliwung merupakan salah satu sungai yang mengalir di Jakarta. Sungai Ciliwung termasuk sungai yang tercemar. Salah satu bahan pencemar di Sungai Ciliwung adalah logam berat (Cd, Hg, Pb). Logam berat berpengaruh terhadap organisme yang hidup di sungai termasuk ikan sapu-sapu (*Pterygoplichthys pardalis*). *Pterygoplichthys pardalis* terbukti mengandung logam berat. Logam berat pada akhirnya akan terakumulasi melalui proses bioakumulasi dan berbahaya bagi manusia. Penelitian ini dilakukan untuk melakukan pengolahan *Pterygoplichthys pardalis* dari sungai Ciliwung menjadi beberapa produk olahan makanan yaitu abon, siomay dan tepung tulang. Produk olahan tersebut kemudian di uji kadar logamnya menggunakan metode XRF. Hasil analisis kadar logam menunjukkan konsentrasi Cd, Hg, dan Pb melebihi batas maksimum yang ditetapkan SNI. Penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui informasi kadar logam produk olahan *Pterygoplichthys pardalis* asal sungai Ciliwung dan potensi bahaya bagi kesehatan manusia.

Kata kunci: kesehatan, logam berat, *Pterygoplichthys pardalis*, produk olahan, SNI

ABSTRACT

Ciliwung River is one of the rivers that flows in Jakarta. The Ciliwung River is a polluted river. One of the pollutants in the Ciliwung River is heavy metals (Cd, Hg, Pb). Heavy metals affect organisms that live in rivers, including broom fish (Pterygoplichthys pardalis). Pterygoplichthys pardalis has been shown to contain heavy metals. Heavy metals will eventually accumulate through the bioaccumulation process and are harmful to humans. This research was conducted to process Pterygoplichthys pardalis from the Ciliwung river into several processed food products, namely shredded, dumplings and bone meal. The processed product is then tested for metal content using the XRF method. The results of the metal content analysis showed that the concentrations of Cd, Hg, and Pb exceeded the maximum limit set by SNI. This research is useful to find out information on metal levels of processed products of Pterygoplichthys pardalis from the Ciliwung river and potential hazards to human health.

Keywords: health, heavy metals, Pterygoplichthys pardalis, processed products, SNI

Pendahuluan

Sungai Ciliwung merupakan salah satu Sungai yang mengalir di Jakarta. Sungai Ciliwung memiliki panjang dari hulu ke hilir

adalah ± 117 km, dengan luas DAS Ciliwung ± 347 km² (Yudo & Said 2018). Daerah di sekitar aliran Sungai Ciliwung terdapat berbagai jenis industri berkembang seperti industri makanan, perumahan, tekstil, transportasi, logam, gelas, perdagangan, perikanan, peternakan dan pertanian. Berbagai

^{*}) Penulis Korespondensi.

E-mail: handhinputri@gmail.com

Telp: +62-89601170113

jenis industri tersebut menghasilkan limbah yang dibuang langsung ke Sungai Ciliwung (Elfidasari *et al.* 2018). Hal tersebut mengakibatkan Sungai Ciliwung saat ini termasuk ke dalam kategori Sungai yang tercemar berat (KLH 2010). Pencemaran Sungai Ciliwung berakibat langsung bagi ekosistem ikan salah satunya adalah *Pterygoplichthys pardalis* yang mendominasi perairan di Sungai Ciliwung Jakarta (Hadiaty 2011). Logam berat merupakan limbah pencemar di Sungai Ciliwung Jakarta. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Elfidasari *et al.* (2019), perairan Sungai Ciliwung Jakarta mengandung logam berat seperti Pb, Hg, Cd, Cu, Mn, dan Zn dengan konsentrasi yang tinggi.

Logam berat bersifat racun dan tidak mudah terdegradasi sehingga berbahaya bagi manusia dan lingkungan sekitarnya (Opasola *et al.* 2019). Logam berat terakumulasi dalam suspensi partikel dan sedimen (Jonge *et al.* 2012), yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia dan ekosistem melalui rantai makanan (Eslami *et al.* 2011). Logam berat yang tersebar di ekosistem dan memasuki organisme melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi pada rantai makanan (Abubakar & Adeshina 2019). Menurut Simionov *et al.* (2016), logam berat memasuki tubuh ikan melalui tiga jalur yaitu insang, saluran pencernaan dan permukaan tubuh. Bagian tubuh ikan yang mengalami akumulasi logam berat terbanyak yaitu bagian insang, dan akumulasi terendah pada permukaan tubuh. Logam berat yang terserap kedalam tubuh ikan diangkut melalui aliran darah dan kemudian terakumulasi kedalam organ dan jaringan (Authman *et al.* 2015). Absorpsi dan akumulasi logam berat pada ikan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu kondisi ekologi, fisika-kimia-biologi perairan, jenis unsur pencemar dan fisiologi perairan (Oryan *et al.* 2010). Logam berat berbahaya bagi ekosistem perairan dan manusia. Akumulasi logam berat pada manusia menyebabkan gangguan fungsi otak, hati, ginjal, paru-paru, dan otot (Arantes *et al.* 2016).

Ikan sapu-sapu merupakan sumber protein bagi masyarakat setempat (Aksari *et al.* 2015). Penangkap ikan menangkap *Pterygoplichthys pardalis* untuk diambil daging dan telurnya, sementara itu sisa

tubuhnya dibuang ke Sungai Ciliwung. Daging *Pterygoplichthys pardalis* digunakan sebagai bahan baku berbagai produk makanan seperti siomay, batagor, bakso ikan dan otak-otak (Munandar & Eurika 2016). Tulang ikan *Pterygoplichthys pardalis* dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan tepung ikan dan minyak (Bechtel *et al.* 2019). Penelitian ini bertujuan untuk membuat beberapa produk olahan dari *Pterygoplichthys pardalis* yang ditangkap di Sungai Ciliwung Jakarta dan menganalisis kandungan logam berat pada produk olahan. Hasil penelitian diharapkan menjadi sumber informasi bahaya logam berat produk olahan *Pterygoplichthys pardalis* asal Sungai Ciliwung Jakarta.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan abon dan siomay ikan sapu-sapu meliputi alat pengepres minyak, blender, wadah, penggorengan, pengaduk, panci kukusan, kompor dan gas. Alat yang digunakan pada pembuatan tepung tulang yaitu *dismill*, *multmill* dan *cabinet dryer*. Alat yang digunakan untuk uji XRF diantaranya yaitu *cup plastic*, *oven*, dan alat XRF. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu daging *Pterygoplichthys pardalis*, tulang *Pterygoplichthys pardalis* (kepala, badan, ekor), jeruk nipis, bawang merah, bawang putih, jahe, sereh, lengkuas, kunyit, daun salam, daun jeruk, santan kelapa, tepung terigu, batang daun bawang, telur, merica bubuk, minyak, garam, gula pasir, *tissue*, dan *plastic milllar*.

Pembuatan Abon *Pterygoplichthys pardalis*

Daging ikan sebanyak 1 kg yang telah difillet dicuci bersih, kemudian direbus selama kurang lebih 20 menit hingga matang. Daging ikan yang telah matang disuwir-suwir hingga halus. Pembuatan bumbu, seperti 14 siung bawang merah sebanyak, 7 siung bawang putih, kunyit, jahe, sereh, lengkuas dihaluskan menggunakan blender. Santan kelapa sebanyak 500 ml dimasukkan ke dalam penggorengan, ditambahkan bumbu yang telah dihaluskan, daun salam dan daun jeruk secukupnya, lalu dimasak hingga mendidih. Daging suwir dimasukan ke dalam wajan dan diaduk sampai merata, kemudian ditambahkan garam sebanyak 2 sendok makan dan diaduk

kembali sampai 2 jam. Gula ditambahkan sebanyak 2 sendok makan dan diaduk kembali sampai abon berubah warna menjadi kecoklatan.

Pembuatan Siomay *Pterygoplichthys pardalis*

Daging *Pterygoplichthys pardalis* sebanyak 500 g dibersihkan, di cincang sampai halus. Bumbu rempah di haluskan yaitu 10 siung bawang merah, 10 siung bawang putih, 2 sdt garam, dan 2 sdt merica bubuk. Baskom besar disiapkan, ditambahkan tepung terigu sebanyak 1 kg, daging cincang, bumbu halus, 2 butir telur, dan 5 batang daun bawang yang sudah dirajang. Adonan siomay diuleni hingga merata hingga kalis, kemudian adonan siomay dibulat-bulatkan. Panci kukusan yang sudah disiapkan diisi air, pada bagian permukaan saringan dan sisi dalam panci diolesi minyak agar adonan tidak lengket ketika dikukus. Panci dipanaskan hingga air mendidih. Adonan yang sudah dibentuk dimasukkan ke dalam panci kukusan, panci ditutup dan siomay dimasak selama \pm 30 menit.

Pembuatan Tepung Tulang *Pterygoplichthys pardalis*

Pembuatan tepung dilakukan di Seafast IPB Bogor. Proses pembuatan tepung diawali dengan merendam tulang *Pterygoplichthys pardalis* yang masih beku di dalam air beberapa saat, lalu di keringkan dibawah terik matahari selama 2 hari. Tulang *Pterygoplichthys pardalis* yang telah dikeringkan kemudian di perkecil ukurannya dengan *multimill* untuk mempercepat proses pengeringan. Tulang *Pterygoplichthys pardalis* dikeringkan dengan *cabinet dryer (oven cabinet)* dengan suhu 60°C selama 6 jam. Tulang *Pterygoplichthys pardalis* kemudian dihaluskan dengan alat *dismill* berukuran 40 mesh. Tulang *Pterygoplichthys pardalis* yang telah dihaluskan menggunakan *dismill* menghasilkan tepung tulang dengan kehalusan 40 mesh.

Analisis Kandungan Logam

Analisis kandungan logam dilakukan menggunakan metode XRF. Pada metode ini, sampel yang berupa abon, siomay dan tepung tulang ikan *Pterygoplichthys pardalis* dibuat menjadi sampel *cup*. Sampel *cup* dibuat dengan cara menimbang sampel sebanyak 5 g

dan di oven selama 1 jam lalu dimasukkan ke dalam *cup*. Sampel yang berada di dalam *cup* dilapisi dengan 3 helai *tissue* dan ditutup rapat dengan menggunakan plastik, kemudian sample dimasukkan ke dalam alat XRF.

Analisis Data

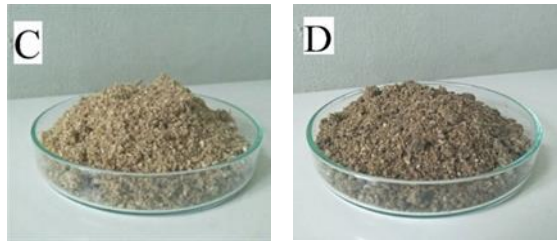
Data hasil uji kandungan logam XRF terhadap produk olahan *Pterygoplichthys pardalis* dilakukan dengan bantuan Microsoft Excel kemudian dianalisis secara deskriptif dalam bentuk tabel dan narasi.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik produk olahan

Produk olahan *Pterygoplichthys pardalis* diantaranya yaitu abon, siomay dan tepung (Gambar 1). Abon yang dihasilkan memiliki berwarna kecoklatan, tekstur berserat dan memiliki aroma campuran rempah dan ikan. Karakteristik abon ikan yang baik memiliki tekstur lembut, cita rasa enak, aroma khas ikan, dan memiliki daya simpan cukup lama (Anwar et al., 2018). Siomay ikan sapu-sapu memiliki karakteristik fisik yang menyerupai siomay ikan tenggiri, perbedaan yang dimiliki yaitu siomay ikan sapu-sapu memiliki aroma ikan yang kuat. Siomay ikan tenggiri memiliki rasa yang gurih, bertekstur kenyal dan rapat, dan memiliki aroma yang kuat (Supriatin et al. 2019). Tepung tulang *Pterygoplichthys pardalis* yang dibuat dari tulang kepala, badan, dan ekor memiliki tekstur yang kasar dengan tingkat kehalusan 40 mesh, berwarna ke abu-abuan, beraroma khas ikan dan ditemukan benda asing pada tepung. Hal tersebut tidak sesuai dengan pernyataan (Orlan et al. 2019). bahwa tepung ikan yang baik memiliki karakteristik yaitu tekstur dengan butiran halus, seragam, terbebas dari mata ikan dan benda asing, berwarna cerah bersih dan memiliki aroma amis khas ikan.





Gambar 1 Produk olahan ikan sapu-sapu. A) Abon, B) Siomay, C) Tepung tulang kepala+ekor, D) Tepung tulang badan. (Sumber: Dokumentasi pribadi).

Cadmium (Cd)

Cadmium (Cd) digunakan sebagai bahan baku baterai, pigmen plastik, keramik, gelas, pelapis baja dan logam, stabilisator polyvinyl chloride (PVC), serta konstituen pupuk (Faroon *et al.* 2012). Analisis XRF mendeteksi kandungan logam Cd pada produk olahan *Pterygoplichthys pardalis* yaitu abon sebesar <0.5 mg/kg, siomay 0.7 mg/kg, serta tepung tulang kepala+ekor dan badan <0.3 mg/kg (Tabel 1). Produk olahan *Pterygoplichthys pardalis* memiliki kadar logam Cd lebih tinggi dibandingkan (SNI 2009) dan (PerBPOM 2018) sebesar 0.1 mg/kg dan

lebih rendah dibandingkan standar (FAO 2003) sebesar 1 mg/kg.

Logam Cd yang terakumulasi dalam tubuh berpengaruh terhadap fungsi ginjal, tulang, serta mengakibatkan penyakit kardiovaskular, diabetes tipe 2, dan kanker (Chunhabundit 2016). Ginjal merupakan organ manusia yang sangat sensitif terhadap toksisitas cadmium, karena mengakibatkan disfungsi tubular dan kerusakan ginjal seiring waktu. Toksisitas logam Cd juga menyebabkan gangguan sistem kerangka karena demineralisasi tulang (Schaefer *et al.* 2020). Akumulasi logam Cd berpotensi menyebabkan penyakit kanker seperti kanker ginjal, kanker prostat, kanker payudara dan kanker endometrial karena bersifat karsinogenik (Mcelroy & Hunter 2019). Menurut Bishak *et al.* (2015), karsinogenesis disebabkan oleh berbagai faktor yaitu penekanan ekspresi gen, terhambatnya perbaikan kerusakan DNA dan apoptosis, induksi stress oksidatif, gangguan endokrin, proliferasi sel, serta terbentuknya oksigen reaktif (ROS).

Tabel 1. Hasil analisis kadar logam produk olahan ikan sapu-sapu

Logam (mg/kg)	Abn	Sio	TTKE	TTBD	Dg*	SNI**	FAO***	BPOM****
Cd	< 0.5	0.7	< 0.3	< 0.3	0.5	0.1	1	0.1
Hg	<0.7	< 0.7	0.3	0.4	0.3	0.5	1	0.5
Pb	1.3	0.8	2.3	1.6	2.2	0.3	2	0.2

Keterangan:

- Abn : Abon daging *Pterygoplichthys pardalis*
- Sio : Siomay daging *Pterygoplichthys pardalis*
- TTKE : Tepung Tulang Kepala+Ekor *Pterygoplichthys pardalis*
- TTBD : Tepung Tulang Badan *Pterygoplichthys pardalis*
- *Dg : Daging *Pterygoplichthys pardalis* (Ismi *et al.* 2019)
- **SNI : Batas mutu cemaran logam SNI produk pangan (SNI 2009)
- ***FAO : Standar Internasional batas cemaran logam pada makanan (FAO 2003)
- ****BPOM : Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan (PerBPOM 2018)

Merkuri (Hg)

Logam merkuri (Hg) adalah senyawa anorganik yang keberadaannya tersebar di lingkungan. Akumulasi merkuri di dalam tubuh manusia disebabkan konsumsi produk perikanan yang terpapar merkuri (Kimáková *et al.* 2018). Kadar Hg pada produk olahan *Pterygoplichthys pardalis* diantaranya yaitu abon dan siomay sebesar <0.7 mg/kg, tepung

tulang kepala+ekor sebesar 0.3 mg/kg, dan tepung tulang badan sebesar 0.4 mg/kg (Tabel 1). Kadar Hg abon, siomay dan tepung tulang badan lebih tinggi dibandingkan daging *Pterygoplichthys pardalis* sebesar 0.3 mg/kg (Ismi *et al.* 2019). Kadar Hg abon dan siomay lebih tinggi dari batas maksimum (SNI 2009) dan (PerBPOM 2018)

dan lebih rendah dibandingkan standar (FAO 2003).

Produk olahan *Pterygoplichthys pardalis* mengandung Hg disebabkan kegiatan industri di sekitar Sungai Ciliwung yang menyumbang limbah pencemar Hg (Aksari *et al.* 2015). Senyawa organik Hg disebut metilmerkuri yang mudah terserap dan terakumulasi di dalam tubuh manusia. Metilmerkuri memiliki toksisitas yang tinggi terhadap sistem saraf, ginjal, dan sistem kekebalan manusia. Beberapa gejala yang ditimbulkan oleh metilmerkuri diantaranya yaitu kerusakan ginjal, fungsi otak, DNA dan kromosom, sperma, gangguan sistem saraf, alergi, keguguran serta cacat pada bayi (Pandey *et al.* 2012). Menurut Rice *et al.* (2014), merkuri terbukti memberikan efek toksikologis terhadap sistem seluler, kardiovaskuler, hematologis, paru-paru, ginjal, imunologi, neurologis, endokrin, reproduksi, dan perkembangan embrionik.

Timbal (Pb)

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang banyak digunakan di bidang industri. Logam Pb bersifat toksik dan sulit untuk terdegradasi di alam secara alami (Hezbollah *et al.* 2016). Kadar Pb abon sebesar 1.3 mg/kg, siomay sebesar 0.8 mg/kg, tepung tulang kepala+ekor sebesar 2.3 mg/kg, dan tepung tulang badan sebesar 1.6 mg/kg (Tabel 1). Kadar Pb produk olahan *Pterygoplichthys pardalis* lebih tinggi dibandingkan (SNI 2009) sebesar 0.3 mg/kg, dan (PerBPOM 2018) sebesar 0.2 mg/kg. Kadar Pb siomay, abon, dan tepung tulang badan lebih rendah dibandingkan daging *Pterygoplichthys pardalis* (Ismi *et al.* 2019), dan (FAO 2003). Akumulasi Pb di dalam tubuh manusia berakibat buruk untuk sistem peredaran darah, kardiovaskular, ginjal, endokrin, gastrointestinal, sistem kekebalan dan reproduksi (Yingliang *et al.*, 2014). Logam Pb bersifat neurotoksik dan mampu menyebar keseluruh organ tubuh manusia dan mengakibatkan kerusakan. Toksisitas Pb disebabkan kemampuan substitusi diri sendiri dengan kation divalen sehingga mempengaruhi fungsi sel dan pembentukan radikal bebas (Rodríguez *et al.* 2015). Menurut Iyanda & Adekunle (2012), logam Pb memiliki kemampuan meniru dan menghambat kalsium yang berperan dalam metabolisme tubuh.

Kesimpulan

Ikan sapu-sapu (*Pterygoplichthys pardalis*) memiliki potensi untuk dijadikan berbagai produk olahan seperti abon, siomay dan tepung ikan. Produk olahan *Pterygoplichthys pardalis* yang ditangkap dari Sungai Ciliwung tidak memenuhi standar nasional Indonesia (SNI) untuk kandungan pencemar logam berat. Produk olahan *Pterygoplichthys pardalis* dari Sungai Ciliwung mengandung logam berat diantaranya yaitu Cd, Hg, dan Pb. Kadar logam Cd abon sebesar <0.5 mg/kg, siomay 0.7 mg/kg, serta tepung tulang kepala+ekor dan badan <0.3 mg/kg. Kadar logam Hg abon dan siomay sebesar <0.7 mg/kg, tepung tulang kepala+ekor 0.3 mg/kg, dan tepung tulang badan 0.4 mg/kg. Kadar Pb abon sebesar 1.3 mg/kg, siomay 0.8 mg/kg, tepung tulang kepala+ekor 2.3 mg/kg, dan tepung tulang 1.6 mg/kg. Kandungan logam berat produk olahan *Pterygoplichthys pardalis* yang dikonsumsi menyebabkan akumulasi dan berbahaya bagi kesehatan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada LP2M (Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat) UAI (Universitas Al-Azhar Indonesia), yang sudah mendukung penelitian ini. Terima kasih juga sebesar-besarnya kepada Ibu Dewi Elfidasari, Bapak Irawan Sugoro, dan Haninah yang sudah berperan dalam penelitian ini. Sementara itu, terima kasih juga kepada Bapak Dedi Ansori selaku pengawas laboratorium di BATAN.

Daftar Pustaka

- Abubakar, M. I., & Adeshina, I. (2019). Heavy Metals Contamination in the Tissues of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) Obtained from Two Earthen Dams (Asa and University of Ilorin Dams) in Kwara State of Nigeria. *Harran Üniv Vet Fak Derg*, 8(1), 26–32.
- Aksari, Y. D., Perwitasari, D., & Butet, N. A. (2015). Kandungan logam berat (Cd, Hg, dan Pb) pada ikan sapu-sapu, *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) di Sungai Ciliwung. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 15(3), 257–266.
- Anwar, C., Irhami, & Kemalawaty, M. (2018). *Pengaruh Jenis Ikan dan Metode*

- Pemasakan terhadap Mutu Abon Ikan.* 7(2), 138–147.
- Arantes, F. P., Savassi, L. A., Santos, H. B., Gomes, M. V. T., & Bazzoli, N. (2016). Bioaccumulation of mercury, cadmium, zinc, chromium, and lead in muscle, liver, and spleen tissues of a large commercially valuable cat fish species from Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 88(1), 137–147.
- Authman, M. M. N., Zaki, M. S., Khallaf, E. A., & Abbas, H. H. (2015). Use of Fish as Bio-indicator of the Effects of Heavy Metals Pollution. *Journal of Aquaculture Research & Development*. 6(4), 1-13.
- Bechtel, P. J., Bland, J. M., Watson, M. A., Lea, J. M., & Bett, K. L. (2019). Properties of bone from Catfish heads and frames. *Food Science & Nutrition*, 7, 1396–1405.
- Bishak, Y. K., Payahoo, L., Osatdrahimi, A., & Nourazarian, A. (2015). Mechanisms of Cadmium Carcinogenicity in the Gastrointestinal Tract Mechanisms of Cadmium Carcinogenicity in the Gastrointestinal Tract. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 16(1), 9–21.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI 7387:2009 *Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Chunhabundit, R. (2016). Cadmium Exposure and Potential Health Risk from Foods in Contaminated Area, Thailand. *Toxicological Research (Official Journal of Korean Society of Toxicology)*. 32(1), 65–72.
- Elfidasari, D., Ismi, L. N., Shabira, A. P., & Sugoro, I. (2018). The Correlation Between Heavy Metal and Nutrient Content in Plecostomus (*Pterygoplichthys pardalis*) from Ciliwung River in Jakarta. *Biosaintifika*, 10(3), 597–604.
- Elfidasari, D., Shabira, A. P., Sugoro, I., & Ismi, L. N. (2019). The The nutrient content of Plecostomus (*Pterygoplichthys pardalis*) flesh from Ciliwung River Jakarta, Indonesia. *Nusantara Bioscience*, 11(1), 30–34.
- Eslami, S., Moghaddam, A. H., & Jafari, N. (2011). Trace Element Level in Different Tissues of *Rutilus frisii* kutum Collected from Tajan River , Iran. *Biol Trace Elem Res*, 143, 965–973.
- FAO. (2003). *Fisheries and aquaculture topics. Quality and Safety of fish and fish products*. Topical fact Sheets. In: FAO Fisheries and Aquaculture department.
- Faroon, O., Ashizawa, A., Wright, S., Tucker, P., Jenkins, K., Ingerman, L., & Rudisill, C. (2012). *Toxicological profile of cadmium*. Atlanta: U.S. Department Of Health And Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Hadiaty, R.K. (2011). Diversitas dan Hilangnya Jenis-Jenis ikan di Sungai Ciliwung dan Sungai Cisadane. *Berita Biologi*, 10(46).491-504.
- Hezbollah, M. ., Sultana, S., Chakraborty, S. R., & Patwary, M. I. (2016). Heavy metal contamination of food in a developing country like Bangladesh: An emerging threat to food safety. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*, 8(1), 1–5.
- Ismi, L. N., Elfidasari, D., Puspitasari, R. L., & Sugoro, I. (2019). Kandungan 10 Jenis Logam Berat pada Daging Ikan Sapu-Sapu (*Pterygoplichthys pardalis*) Asal Sungai Ciliwung Wilayah Jakarta. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi*, 5(2), 56–59.
- Iyanda, T. L., & Adekunle, I. (2012). Assessment Of Heavy Metals And Their Estimated Daily Intakes From Two Commonly Consumed Foods (Kulikuli And Robo) Found In Nigeria. *African Journal Of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 12(3), 6156–6169.
- Jonge, M. De, Teuchies, J., Meire, P., Blust, R., & Bervoets, L. (2012). The impact of increased oxygen conditions on metal-contaminated sediments part I: Effects on redox status , sediment geochemistry and metal bioavailability. *Water Research*, 46(7), 2205–2214.
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2010. Indeks Kualitas Lingkungan Hidup 2009. Jakarta (ID): Asisten Deputi Urusan

- Data dan Informasi Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup.
- Kimáková, T., Kuzmová, L., Nevolná, Z., & Bencko, V. (2018). Fish and fish products as risk factors of mercurexposure. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 25(3), 488–493.
- Mcelroy, J. A., & Hunter, M. I. (2019). Cadmium: a new risk factor for endometrial cancer? *Expert Review of Anticancer Therapy*, 19(5), 355–358.
- Munandar, K., & Eurika, N. (2016). Keanekaragaman Ikan yang Bernilai Ekonomi dan Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Ikan Sapu-Sapu di Sungai Bedadung Jember. *Proceeding Biology Education Conference*, 13(1), 717–722.
- Opasola, O. A., Adeolu, A. T., Iyanda, A. Y., Adewoye, S. O., & Olawale, S. A. (2019). Bioaccumulation of Heavy Metals by *Clarias gariepinus* (African Catfish) in Asa River , Ilorin , Kwara State. *Journal of Health & Pollution*, 9(21), 1–10.
- Orlan, Asminaya, N. S., & Nasiu, F. (2019). Karakteristik Fisiko Kimia Tepung Ikan yang Diberi Pengawet Bawang Putih (*Allium sativum*) pada Masa Penyimpanan yang Berbeda. *Jurnal Agripet*, 19(1), 68–76.
- Oryan, S., Tatina, M., & Gharibkhani, M. (2010). Study the effects of oil pollution in the northern Persian Gulf on the accumulation heavy metals (nickel, lead, cadmium and vanadium) in the muscle tissue of fish (*Pumps rgenteuss*). 61–68.
- Pandey, G., S, M., & Shrivastav, A. B. (2012). Contamination of Mercury in Fish and Its Toxicity To Both Fish and Humans: an Overview. *International Research Journal of Pharmacy*, 3(11), 44–47.
- PerBPOM. (2018). *Batas Maksimum Cemar Logam Berat Dalam Pangan Olah*.
- Rice, K. M., Walker, E. M., Wu, M., Gillette, C., & Blough, E. R. (2014). Environmental mercury and its toxic effects. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 47(2), 74–83.
- Rodríguez, J. Z., Ríos, S. E. G., & Botero, C. M. R. (2015). Content Of Hg , Cd , Pb And As In Fish Species : A Review. *Vitae, Revista De La Facultad De Ciencias Farmacéuticas Y Alimentarias Issn*, 22(2), 148–159.
- Schaefer, H. R., Dennis, S., & Fitzpatrick, S. (2020). Cadmium : Mitigation strategies to reduce dietary exposure. *Journal of Food Science*. 85(2), 260-267.
- Simionov, I., Cristea, V., Petrea, Ş., Sirbu, B., Coad, M. T., & Cristea, D. S. (2016). *The presence of heavy metals in fish meat from Danube River : an overview*. 9(1), 1388–1399.
- Supriatin, Sukainah, A., & Mustarin, A. (2019). Penambahan Herba Krokot (*Portulaca oleracea*) pada Pengembangan Siomay Fungsional. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5(2), 99–108.
- Yingliang, J., Pei, L., Yongning, W., Jie, M., Cannan, W., Jinfang, S., & Yafei, Z. (2014). Review article: A systematic review on food lead concentration and dietary lead exposure in China. *Chinese Medical Journal*, 127(15), 2844–2849.
- Yudo, S., & Said, N. I. (2018). Status Kualitas Air Sungai Ciliwung di Wilayah DKI Jakarta Studi Kasus : Pemasangan Stasiun Online Monitoring Kualitas Air di Segmen Kelapa Dua – Masjid Istiqlal. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), 13–22.