

ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN BAHAYA KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA PRODUK OLAHAN *Pterygoplichthys pardalis* ASAL SUNGAI CILIWUNG JAKARTA BAGI KESEHATAN MANUSIA

Rima Andriani, Tika Dhefiana, Heri Surianto, Blego Seditono
(Universitas Mulawarman)

Abstract

*Environmental pollution by heavy metals, particularly lead (Pb), has become a major global concern due to its harmful impacts on human health and aquatic ecosystems. This study aimed to analyze the health risks associated with the consumption of processed products made from *Pterygoplichthys pardalis* (suckermouth catfish) caught in the Ciliwung River, Jakarta, which were found to contain Pb exceeding the permissible limits. An observational design with an Environmental Health Risk Assessment (EHRA) approach was applied. Processed food samples in the form of shredded fish (abon) were analyzed using the X-Ray Fluorescence (XRF) method to measure Pb concentration, followed by intake and Risk Quotient (RQ) calculations. The results revealed that Pb levels in shredded fish reached 1.3 mg/kg, significantly higher than the Indonesian National Standard (SNI) maximum limit of 0.03 mg/kg. The risk assessment showed RQ values of 17.4 for 5 years of exposure, 34.2 for 10 years, and 51.4 for 15 years, all exceeding the safe threshold ($RQ > 1$). These findings indicate a significant non-carcinogenic health risk, particularly affecting the nervous, renal, and cardiovascular systems if the product is consumed continuously. It can be concluded that processed *P. pardalis* products from the Ciliwung River are not safe for consumption due to the potential for lead toxicity in the long term. Therefore, strict monitoring of food raw materials from polluted waters, public education on heavy metal hazards*

Keyword : Lead (Pb); Environmental Health Risk Assessment (EHRA); *Pterygoplichthys pardalis*; Processed Food

Abstrak

*Pencemaran lingkungan oleh logam berat, khususnya timbal (Pb), menjadi isu penting karena berpotensi menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan manusia dan ekosistem perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko kesehatan akibat konsumsi produk olahan ikan sapu-sapu (*Pterygoplichthys pardalis*) asal Sungai Ciliwung Jakarta yang diketahui mengandung Pb melebihi ambang batas. Penelitian menggunakan pendekatan observasional dengan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Sampel produk olahan berupa abon dianalisis menggunakan metode X-Ray Fluorescence (XRF) untuk mengetahui kadar Pb, kemudian dihitung nilai intake dan Risk Quotient (RQ). Hasil penelitian menunjukkan kadar Pb pada abon ikan mencapai 1,3 mg/kg, jauh melampaui batas maksimum yang ditetapkan SNI sebesar 0,03 mg/kg. Perhitungan risiko menghasilkan nilai RQ sebesar 17,4 (paparan 5 tahun), 34,2 (paparan 10 tahun), dan 51,4 (paparan 15 tahun), yang seluruhnya melebihi nilai ambang aman ($RQ > 1$). Hal ini menandakan adanya risiko kesehatan non-karsinogenik, terutama pada sistem saraf, ginjal, dan kardiovaskular apabila produk dikonsumsi secara terus-menerus. Disimpulkan bahwa produk olahan ikan sapu-sapu dari Sungai Ciliwung tidak layak dikonsumsi karena berpotensi menimbulkan toksisitas timbal dalam jangka panjang. Disarankan perlunya pengawasan ketat terhadap bahan baku pangan dari perairan tercemar, edukasi kepada masyarakat terkait bahaya logam berat.*

Kata Kunci : Timbal (Pb); Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL); *Pterygoplichthys Pardalis*; Pangan Olahan.

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan oleh logam berat, khususnya timbal, menjadi perhatian global karena potensi dampak negatifnya terhadap kesehatan manusia dan ekosistem akuatik. Paparan timbal menyebabkan beban penyakit yang signifikan. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) memperkirakan bahwa lebih dari 1,5 juta kematian di seluruh dunia disebabkan oleh paparan timbal pada tahun 2021, terutama karena efek kardiovaskular¹. Timbal adalah salah satu polutan lingkungan global, yang terutama ditemukan secara luas di wilayah industri, sehingga hewan dapat dengan mudah terpapar timbal. Keracunan timbal terutama pada hewan dapat ditemukan dari berbagai sumber di lingkungan umum, dan ini dapat ditelusuri kembali dari kontaminasi pakan, dan tanah dari polusi industri dan praktik pertanian². Pangan olahan industri yang menggunakan bahan baku ikan perairan berpotensi berisiko tercemar logam berat khususnya timbal. Timbal merupakan logam berat yang umum ditemukan yang mencemari lingkungan dan terakumulasi dalam tubuh manusia melalui penyerapan, bioavailabilitas, biokonsentrasi, dan biomagnifikasi yang mengganggu sistem neurologis, rangka, reproduksi, hematopoietik, ginjal, dan kardiovaskular³. Gejala akut dan kronis keracunan timbal meliputi kerusakan ginjal, otak, organ reproduksi³. Paparan pb dalam makanan yang mengandung pb dapat terakumulasi dalam tubuh yang dalam jangka waktu yang panjang dapat menyebabkan toksik pada manusia.

Makanan olahan merupakan kelompok makanan yang rentan terkontaminasi dengan paparan timbal. Salah satunya ada makanan yang berbasis olahan ikan yang berasal dari sungai ciliwung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam berat Pb pada daging ikan sapu-sapu di sungai Ciliwung telah melewati batas maksimum⁴. Salah satu elemen kunci dalam meningkatkan kesehatan masyarakat ialah makanan yang aman. Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 1996, keamanan pangan ialah persyaratan dan usaha untuk menghindari pangan agar tidak terkontaminasi oleh bahan kimia, biologi, dan komponen lain yang bisa mengganggu, merugikan, dan mencelakakan kesehatan manusia⁵. Anak-anak merupakan kelompok sangat rentan terhadap efek racun timbal dan dapat mengalami dampak kesehatan yang merugikan secara permanen, terutama pada perkembangan sistem saraf pusat⁶. Masalah keamanan pangan merupakan masalah yang perlu ditangani bukan hanya di negara berkembang namun juga di negara maju. Hal ini dikarenakan besarnya penyakit bawaan yang dapat terjadi di negara maju tersebut. Pada negara maju, setidaknya satu dari tiga orang mengalami keracunan makanan⁷.

Pada pengolahan pangan terdapat bioteknologi pangan adalah aplikasi teknologi untuk memodifikasi gen hewan, tanaman, dan mikroorganisme untuk membuat spesies baru dengan sifat yang diinginkan (terkait zat gizi tertentu). Pada pengolahan pangan, bioteknologi berperan sangat pada proses fermentasi, bahan tambahan makanan, keamanan pangan

melalui teknologi genetika, deteksi pathogen dan mikotoksin, serta identifikasi komposisi bahan pangan ⁸.

Salah satu jenis logam berat yang berbahaya bagi manusia yakni timbal (Pb) yang keberadaannya tersebar luas di lingkungan. Timbal biasa disebut juga sebagai Plumbum dan disimbolkan dengan Pb. Timbal merupakan logam berat yang terbentuk secara alami. Timbal dapat masuk ke dalam lingkungan melalui proses pembakaran kendaraan bermotor, pertambangan timah, dan logam lainnya, pabrik-pabrik yang menggunakan dan membuat timah, campuran timah atau senyawa timbal ⁹. Timbal yang terakumulasi dalam tubuh akan menjadi bahan toksik pada makhluk hidup ¹⁰. Logam berat bisa masuk dari lingkungan ke organisme melalui rantai makanan ¹¹.

Logam berat timbal (Pb) dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui berbagai cara, yaitu melalui pernapasan (inhalasi), melalui pencernaan (ingesti), melalui absorpsi kulit (dermal), dan melalui paparan endogen ¹². Logam timbal (Pb) juga akan berdampak terhadap pencemaran dan limbah yang dihasilkan khususnya pencemaran logam berat. Bioakumulasi logam berat pada biota perairan dapat terjadi melalui sistem jaringan pada tubuh biota, semakin tinggi konsentrasi logam didalam perairan maka semakin tinggi pula logam yang terakumulasi didalam tubuh biota ¹³.

Teluk Jakarta merupakan kawasan padat dengan berbagai aktifitas sehingga menjadi tempat berkumpulnya polutan dari daratan yang ditranspor secara langsung maupun tidak langsung melalui 13 sistem yang sungai yang mengalir di wilayah DKI Jakarta ¹⁴. 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 ¹⁵.

Ikan sapu-sapu merupakan sumber protein bagi masyarakat setempat 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. 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 ¹⁶.

Hal tersebut dibuktikan dalam penelitian yang dilakukan Handhini Dwi Putri (2022) tentang Bahaya Kandungan Logam Berat (Cd, Hg, Pb) pada Produk Olahan *Pterugoplichtys Pardalis* Asal Sungai Ciliwung Jakarta Bagi Kesehatan Manusia (2022). Didapatkan bahwa Kadar Pb

abon sebesar 1.3 mg/kg Kadar Pb produk olahan *Pterygoplichthys pardalis* lebih tinggi dibandingkan (SNI 2009) sebesar 0.3 mg/kg ¹⁷.

Di dalam tubuh manusia, timbal (Pb) bisa menghambat aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin (Hb) dan sebagian kecil Pb diekskresikan lewat urin atau feses karena sebagian terikat oleh protein, sedangkan sebagian lagi terakumulasi dalam ginjal, hati, kuku, jaringan lemak, dan rambut ¹⁸. Berdasarkan uraian diatas maka diperlukan adanya penilaian risiko terhadap dampak kesehatan yang dapat merugikan Masyarakat. Salah satu nya adalah dengan melakukan pengukuran risiko kesehatan. Metode kajian dampak lingkungan terhadap kesehatan disebut juga dengan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) ¹⁹. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi kejadian akibat adanya kandungan logam berat timbal (Pb) pada abon daging *Pterygoplichthys pardalis* yang berasal dari Sungai Ciliwung Jakarta. Sehingga penting untuk meneliti tentang tingkat risiko kesehatan akibat pajanan timbal yang masuk melalui makanan dengan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian observasional dengan teknik analisa risiko kesehatan lingkungan (ARKL) dengan *menganalisis hasil produk olahan makanan seperti abon yang menggunakan bahan baku dari campuran ikan Pterygoplichthys pardalis dari sungai ciliwung*. Dilakukan penilaian sejauh mana risiko pajanan (RQ) Pb pada abon daging *Pterygoplichthys pardalis*. Penelitian ini dilakukan tanggal 16 April 2025 dimana pengambilan sampel dilakukan dengan cara Analisis kandungan logam dilakukan menggunakan metode *X-Ray Fluorescence (XRF)* merupakan salah satu metode analisis tidak merusak digunakan untuk analisis unsur dalam bahan secara kualitatif dan kuantitatif²⁰. 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. Data yang digunakan dari penelitian ini merupakan data sekunder yang telah dilakukan.

Metode yang dilakukan selanjutnya adalah dengan melakukan analisis paparan untuk menentukan risk agent timbal (Pb) yang diterima oleh individu sebagai asupan atau intake ²¹. Pajanan Pb yang masuk ke dalam tubuh manusia dapat menyebabkan resiko non karsinogenik, maka digunakan data sekunder dosis respon referensi (Rfd) yang ditetapkan oleh IRIS dari US-EPA 92006) yaitu sebesar 0,0035 mg/kg/hari. Berikut ini adalah rumus perhitungan intake untuk jalur pajanan :

$$I = \frac{C \times R \times fe \times Dt}{Wb \times t_{avg}}$$

Intake (I) dalam mg/kg x hari tidak ada nilai default sebanding dengan Konsentrasi (C) mg/l tidak ada nilai default, laju asupan (R) gr/hari nilai default untuk dewasa dan anak – anak 10 gr/hari, frekuensi pajanan (fe) hari/tahun dengan nilai default 365 hari/tahun, dan durasi pajanan (Dt) nilai default 30 tahun namun berbanding terbalik dengan berat badan (Wb) nilai default 60 Kg pada orang dewasa Indonesia, 15 kg pada anak – anak dan periode rata-rata waktu (tavg) dimana nilai default tavg (30 tahun x 365 hari/tahun= 10950 hari). Untuk melihat karakteristik resiko atau Risk Quation, perhitungan karakteristik resiko pada jalur pajanan dan efek non karsinogenik dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$RQ = \frac{Intake}{Rfd}$$

Karakteristik resiko (RQ) berbanding lurus dengan Intake dan berbanding terbalik dengan dosis respon (Rfd), dimana nilai Rfd pajanan Pb pada abon daging *Pterygoplichthys pardalis* menurut EPA (2006) yaitu 0,0035.

HASIL PENELITIAN

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Dalam Artikel Diambil Dari Artikel Bahaya Kandungan Logam Berat (Cd, Hg, Pb) Pada Produk olahan *Pterygoplichthys Pardalis* Asal Sungai Ciliwung Jakarta Bagi Kesehatan Manusia yang terbitkan pada jurnal Jurnal Pengolahan Pangan 7 (1) 7-13, Juni 2022²². Parameter logam berat yang dilakukan analisis risiko kesehatan lingkungan pada kajian ini adalah parameter timbal pada produksi Produk pangan olahan rumah tangga abon ikan *Pterygoplichthys pardalis* yang berasal dari ikan *Pterygoplichthys pardalis* yang barasal dari perairan sungai ciliwung. Abon yang dihasilkan memiliki warna 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. Kadar Pb produk olahan *Pterygoplichthys pardalis* lebih tinggidibandingkan (SNI 2009) sebesar 0.3 mg/kg²². Kandungan timbal yang melebihi baku mutu pada produk olahan abon ikan *Pterygoplichthys pardalis* disebabkan karena *Polusi air dapat disebabkan oleh dua jenis polutan, seperti bahan yang menyebabkan eutrofikasi dan bahan beracun yang menyebabkan kerusakan pada organisme air*²³.

Tabel 1. Hasil Analisis Kadar Logam Produk Olahan Ikan Sapu – Sapu (*Pterygoplichthys pardalis*).

Jenis Makanan	Hasil (mg/Kg)	Kadar Maksimum (Pb)	Intake	Risiko Kesehatan
Abon daging <i>Pterygoplichthys pardalis</i>	1,3	0,03	0,37	105,7

Hasil pemeriksaan sampel diatas diketahui bahwa kandungan Pb yang melebihi ambang batas ketentuan (SNI 2009) yaitu kada Pb sebanyak 1,3 mg/kg dengan kadar maksimum Pb 0,03 mg/kg. Hasil analisi risiko didapatkan hasil intake 0,37 dan risiko kesehatan 105,7. Hasil tersebut selanjutnya dilakukan simulasi analisis risiko kesehatan lingkungan dengan lama pajanan selama 5 tahun, 10 tahun, dan 15 tahun. Hasil analisis risiko kesehatan lingkungan dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Simulasi analisis risiko lingkungan berdasarkan lama pajanan dalam olahan abon *Pterygoplichthys pardalis* di sungai ciliwung Jakarta.

Lama Pajanan	RQ
5 Tahun	17,4
10 Tahun	34,2
15 Tahun	51,4

Hasil perhitungan analisis risiko kesehatan lingkungan pada tabel 2 diatas diketahui pajanan dengan lama waktu 5 tahun didapat nilai RQ sebesar 17,4. pajanan dengan lama waktu 10 tahun didapat nilai RQ sebesar 34,2. Pajanan dengan lama waktu 15 tahun didapat nilai RQ sebesar 51,4. Hasil analisis kadar logam menunjukkan konsentrasi Pb melebihi batas maksimum yang ditetapkan SNI. Untuk menilai potensi risiko terhadap kesehatan manusia, dilakukan pendekatan (Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) berdasarkan parameter paparan kronis. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus intake kronis yang mempertimbangkan konsentrasi cemaran (C), tingkat konsumsi harian (I), berat badan (BW), frekuensi (F), dan durasi paparan (D). Asumsi digunakan berdasarkan literatur, dengan konsumsi harian abon sebesar 10 gram/hari (0,01 kg/hari), berat badan dewasa 60 kg, serta durasi paparan selama 5, 10, dan 15 tahun.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar timbal (Pb) dalam produk olahan abon ikan *Pterygoplichthys pardalis* asal Sungai Ciliwung mencapai 1,3 mg/kg, jauh di atas ambang batas yang ditetapkan SNI yaitu 0,03 mg/kg. Nilai Risk Quotient (RQ) yang diperoleh dari analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) sebesar 17,4 (pajanan 5 tahun), 34,2 (pajanan 10 tahun), dan 51,4 (pajanan 15 tahun). Nilai RQ > 1 menandakan adanya risiko kesehatan yang signifikan, baik pada orang dewasa maupun anak-anak, jika produk tersebut dikonsumsi dalam jangka panjang. Kondisi ini mengindikasikan bahwa konsumsi rutin abon ikan sapu-sapu dari Sungai Ciliwung berpotensi menyebabkan toksisitas timbal kronis.

Secara klinis, paparan timbal kronis dapat menimbulkan gangguan pada berbagai sistem organ tubuh. Pertama, sistem saraf menjadi organ target utama. Pb memiliki kemampuan menembus sawar darah otak dan mengganggu neurotransmisi, sehingga menyebabkan gangguan kognitif, penurunan IQ, gangguan memori, serta keterlambatan perkembangan

pada anak-anak²⁴. Efek neurotoksik ini lebih parah pada kelompok usia dini, karena sistem saraf mereka masih berkembang. Hal ini sejalan dengan penelitian Bhasin et al. (2023) yang menunjukkan bahwa anak-anak mampu menyerap hingga 4–5 kali lebih banyak timbal daripada orang dewasa¹².

Kedua, Pb juga berdampak pada ginjal dan sistem ekskresi. Timbal yang terakumulasi dalam jangka panjang dapat menyebabkan nefropati kronis, ditandai dengan penurunan fungsi filtrasi ginjal. Timbal menimbulkan kerusakan sel tubulus ginjal dan meningkatkan risiko gagal ginjal kronis²⁵. Ketiga, pada sistem kardiovaskular, paparan timbal dapat meningkatkan tekanan darah melalui mekanisme stres oksidatif dan disfungsi endotel, sehingga meningkatkan risiko hipertensi dan penyakit jantung³.

Selain itu, Pb berpengaruh pada sistem hematopoietik karena menghambat enzim δ -ALA dehidratase yang berperan dalam pembentukan hemoglobin. Akibatnya, penderita keracunan timbal kronis sering mengalami anemia hipokromik mikrositer². Gangguan lain yang tidak kalah serius adalah pada sistem reproduksi, di mana paparan timbal jangka panjang dapat menurunkan kualitas sperma pada pria dan meningkatkan risiko keguguran pada wanita hamil³. Dengan demikian, konsumsi produk ikan sapu-sapu dari perairan tercemar bukan hanya berdampak pada kesehatan individu, tetapi juga generasi berikutnya.

Melihat risiko yang cukup besar, diperlukan solusi komprehensif untuk mencegah dampak buruk lebih lanjut. Solusi pertama adalah pencegahan konsumsi produk tercemar melalui sosialisasi dan edukasi kepada masyarakat mengenai bahaya logam berat dalam pangan. Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) dan Dinas Kesehatan perlu meningkatkan pengawasan keamanan pangan, khususnya pada produk olahan ikan dari perairan yang terindikasi tercemar. Keamanan pangan merupakan elemen penting dalam upaya peningkatan kesehatan masyarakat²³.

Solusi kedua adalah pengendalian pencemaran di sumbernya, yaitu Sungai Ciliwung, yang menjadi muara limbah industri, domestik, dan pertanian. Teluk Jakarta dan sungai-sungai yang bermuara ke dalamnya merupakan pusat akumulasi polutan logam berat¹⁴. Oleh karena itu, pengolahan limbah wajib diperketat melalui penerapan regulasi lingkungan, audit limbah, serta penerapan teknologi ramah lingkungan di kawasan industri. Dengan berkurangnya pencemaran di perairan, kadar logam berat pada ikan akan menurun sehingga risiko terhadap masyarakat dapat ditekan.

Solusi ketiga adalah monitoring kadar logam berat secara berkala pada ikan konsumsi maupun produk olahan berbasis perairan. Monitoring ini penting untuk mendeteksi secara dini jika terjadi pencemaran berlebih. Ikan sapu-sapu di Sungai Ciliwung sudah lama mengandung kadar Pb di atas baku mutu⁴. Dengan monitoring teratur, masyarakat dan pemerintah dapat mengambil langkah cepat untuk mencegah distribusi pangan berbahaya ke pasaran.

Selain itu, solusi jangka panjang dapat dilakukan dengan bioremediasi perairan tercemar. Teknologi ini menggunakan mikroorganisme, tanaman air, atau material penyerap tertentu untuk mengikat logam berat dari sedimen dan air sungai. Upaya ini sejalan dengan prinsip keamanan pangan dalam Undang-Undang Nomor 7 Tahun 1996 yang mewajibkan pangan terbebas dari cemaran berbahaya. Dengan pengendalian hulu-hilir—mulai dari pencemaran lingkungan, pemilihan bahan baku pangan, hingga edukasi masyarakat—diharapkan risiko kesehatan akibat timbal dapat diminimalkan.

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis risiko kesehatan lingkungan pada pangan olahan abon ikan *Pterygoplichthys pardalis* dapat disimpulkan bahwa kadar logam berat pada produk abon ikan *Pterygoplichthys pardalis*, ditemukan bahwa kadar logam mencapai 1,3 mg/kg, yang melebihi batas maksimum yang ditetapkan oleh SNI sebesar 0,03 mg/kg. Perhitungan analisis risiko kesehatan lingkungan menunjukkan bahwa nilai Hazard Quotient (HQ) untuk semua skenario durasi (5, 10, dan 15 tahun) berada di atas angka 1, yaitu berisiko jika dikonsumsi oleh manusia baik untuk anak-anak maupun orang dewasa. Ini menandakan adanya risiko kesehatan non-karsinogenik yang signifikan.

Kondisi ini menunjukkan bahwa produk olahan dari ikan sapu-sapu yang berasal dari lingkungan tercemar bahan timbal yang berpotensi menimbulkan efek buruk terhadap kesehatan jika dikonsumsi secara terus menerus dalam jangka panjang. Disimpulkan bahwa produk olahan ikan sapu-sapu dari Sungai Ciliwung tidak layak dikonsumsi karena berpotensi menimbulkan toksisitas timbal dalam jangka panjang. Disarankan perlunya pengawasan ketat terhadap bahan baku pangan dari perairan tercemar, edukasi kepada masyarakat terkait bahaya logam berat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Lead exposure—Level 3 risk [Интернет]. 2021. Available at: <https://www.healthdata.org/research-analysis/diseases-injuries-risks/factsheets/2021-lead-exposure-level-3-risk>
2. Assi MA, Hezmee MNM, Sabri MYM, Rajion MA. The detrimental effects of lead on human and animal health. Vet world. 2016;9(6):660.
3. Collin MS, Venkatraman SK, Vijayakumar N, Kanimozhi V, Arbaaz SM, Stacey RGS, и съавт. Bioaccumulation of lead (Pb) and its effects on human: A review. J Hazard Mater Adv. 2022;7:100094.
4. Ismi LN, Elfidasari D, Puspitasari RL, Sugoro I. Kandungan 10 jenis logam berat pada daging ikan sapu-sapu (*Pterygoplichthys pardalis*) asal Sungai Ciliwung wilayah Jakarta. J Al-Azhar Indones Seri Sains Dan Teknol. 2019;5(2):56–9.

5. Aribowo AI, Annisa BN, Sary N V, ... Analisis cemaran logam berat timbal (Pb) pada makanan dan minuman: Studi literatur. J Penelit 2022;
6. Lead poisoning. 2024. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
7. Huriyyah NAA. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Rhodamin B Pada Konsumsi Saus Di SDN Cirendeui 02 Tahun 2019. Univ Islam Negeri Syarif Hidayatullah. 2019;1–127.
8. Istifiani R mMicho WISRARMLA. Gizi pada Industri Makanan. MAlang: UB Press; 2023.
9. Widowati W, Sastiono A, Rumampuk R. J. Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Yogyakarta; 2008.
10. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Lead. US: Department of Health and Human Service; 2007.
11. Kusumastuti D, Setiaini O, Joko T. Analisis Frekuensi Konsumsi Makanan Laut dan Kandungan Logam Berat Pb dalam Darah Wanita Usia Subur (WUS) di Wilayah Kerja Puskesmas Bandarharjo. J Kesehat Masy. 2020;8(5):687–93.
12. Bhasin T, Lamture Y, Kumar M, Dhamecha R. Unveiling the Health Ramifications of Lead Poisoning: A Narrative Review. Cureus. 2023;15(10):1–7.
13. Siringoringo VT, Pringgenies D, ... Kajian Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg), Tembaga (Cu), dan Timbal (Pb) pada Perna viridis di Kota Semarang. J Mar 2022;
14. Kusuma AH, Prartono T, Atmadipoera AS, Arifin T. Sebaran Logam Berat Terlarut Dan Terendapkan Di Perairan Teluk Jakarta. J Teknol Perikan dan Kelaut. 2016;6(1):41–9.
15. Handhini Dwi Putri, Elfidasari D, Haninah, Sugoro I. BAHAYA KANDUNGAN LOGAM BERAT (Cd, Hg, Pb) PADA PRODUK OLAHAN Pterygoplichthys pardalis ASAL SUNGAI CILIWUNG JAKARTA BAGI KESEHATAN MANUSIA. J Pengolah Pangan. 2022;7(1):7–13.
16. Putri HD, Elfidasari D, Haninah H, ... Bahaya kandungan logam berat (Cd, Hg, Pb) pada produk olahan Pterigoplichthys pardalis asal Sungai Ciliwung Jakarta bagi kesehatan manusia. Jurnal Pengolahan eprints.uai.ac.id; 2022.
17. SNI. SNI 7387:2009. Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan. Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan. 2009;1–29.
18. Indriyani YL, Mulki MA. Review Artikel: Analisis Kandungan Cemaran Logam Berat pada Ikan yang Berada di Sungai Indonesia. J Sehat Mandiri. 2024;
19. Utami SS. Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan Krom (VI) pada Air Sumur di Sekitar Industri Batik UD Bintang Timur (Studi Kasus di Desa Sumberpakem Kecamatan Sumberjambe Kabupaten Jember). Repos Univ Negeri Jember. 2017;1–102.
20. Kriswarini R, Anggraini D, Djamaludin A. Validasi metoda xrf (x-ray fluorescence) secara tunggal dan simultan untuk analisis unsur Mg, Mn dan Fe dalam paduan

- aluminum. B: Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir. 2010. c 273–8.
21. Syamsir; Blego Sedionoto. Analisis Kualitas Lingkungan (Kajian Kesehatan Lingkungan dan Kualitas Lingkungan Air). Sleman: Deepublish; 2023.
 22. Putri HD, Elfidasari D, Sugoro I. Bahaya Kandungan Logam Berat (Cd, Hg, Pb) pada Produk Olahan *Pterygoplichthys pardalis* Asal Sungai Ciliwung Jakarta bagi Kesehatan Manusia. *J Pengolah Pangan*. 2022;7(1):7–13.
 23. Pratiwi DY. Dampak pencemaran logam berat terhadap sumber daya perikanan dan kesehatan manusia. *J Akuatek*. 2020;1(1):59–65.
 24. World Health Organization (WHO). Lead poisoning and health. WHO Fact Sheets. 2024. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
 25. Godwill EA, Ferdinand PU, Nwalo FN, Unachukwu MN. Mechanism and health effects of heavy metal toxicity in humans. In: *Poisoning in Modern World – New Tricks for an Old Dog*. IntechOpen; 2019. p. 1–23.