

KONTAMINASI TIMBAL (Pb) PADA IKAN : LITERATUR REVIEW

Viela Luckycia^{1*}, Lilis Sulistyoriini², Firda Azkiya Nisa' Fadholi³, Khansa Abida Arumdapta⁴, Wildy Ariabima Kresnaya⁵

Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga^{1,2,3,4,5}

*Corresponding Author : luckyciaviela@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan aktivitas industri menyebabkan pencemaran, termasuk kontaminasi logam berat seperti timbal (Pb). Timbal, yang bersifat toksik dan dapat terakumulasi pada tubuh ikan, menjadi ancaman serius bagi kesehatan manusia melalui proses biomagnifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kontaminasi timbal pada ikan dan dampaknya terhadap kesehatan manusia. Metode yang digunakan adalah kajian literatur dengan menelaah 25 artikel penelitian relevan yang diterbitkan dalam sepuluh tahun terakhir (2014–2024). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Pb dalam air di sebagian besar lokasi penelitian masih berada di bawah ambang batas baku mutu menurut PP No. 82 Tahun 2001, yaitu 0,01 mg/L. Namun, di Sungai Gajah Wong dan Sungai Winongo, Yogyakarta, kadar Pb masing-masing mencapai 0,228 mg/L dan 0,054 mg/L. Meskipun kadar Pb dalam air rendah di beberapa lokasi, kadar Pb dalam ikan melebihi baku mutu SNI 7387:2009, yaitu 0,3 mg/kg, dengan kadar tertinggi sebesar 11,35 mg/kg pada organ viscera ikan di Sungai Winongo. Pencemaran ini terutama disebabkan oleh limbah domestik, industri, dan aktivitas pelabuhan. Konsumsi ikan yang terkontaminasi Pb berisiko menyebabkan gangguan organ, gangguan reproduksi, hingga peningkatan risiko keguguran dan kelahiran prematur. Langkah strategis diperlukan untuk mengurangi dampak pencemaran, seperti pengelolaan limbah dan pengawasan aktivitas industri.

Kata kunci : kadar timbal, kontaminasi timbal (Pb), logam berat

ABSTRACT

The increasing industrial activity has led to environmental pollution, including heavy metal contamination such as lead (Pb). Lead, being toxic and capable of bioaccumulating in fish, poses a serious threat to human health through biomagnification. This study aims to identify lead contamination in fish and its impacts on human health. The method employed is a literature review by examining 25 relevant research articles published within the last ten years (2014–2024). The findings indicate that Pb levels in water at most study locations remain below the quality standard threshold set by Government Regulation No. 82 of 2001, which is 0.01 mg/L. However, in Gajah Wong River and Winongo River in Yogyakarta, Pb levels reached 0.228 mg/L and 0.054 mg/L, respectively. Despite low Pb levels in water at some locations, Pb levels in fish exceeded the quality standard threshold set by SNI 7387:2009, which is 0.3 mg/kg, with the highest level recorded at 11.35 mg/kg in fish viscera from the Winongo River. The primary sources of contamination include domestic waste, industrial waste, and port activities. Consuming fish contaminated with Pb can result in organ damage, reproductive disorders, and an increased risk of miscarriage and premature birth. Strategic measures, such as waste management and industrial activity monitoring, are required to mitigate the impacts of pollution on the environment and public health.

Keywords : heavy metals, lead (Pb) contamination, lead level

PENDAHULUAN

Perairan memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Indonesia sebagai negara kepulauan memanfaatkan sumber daya air yang kaya untuk menunjang kegiatan penduduknya, seperti sumber air bersih, irigasi pertanian, maupun perikanan. Selain itu, dengan perkembangan industri yang pesat di Indonesia, perairan juga dimanfaatkan sebagai pembuangan akhir limbah cair yang dihasilkan, baik proses produksi maupun domestik (Purwanto et al., 2020). Pembuangan limbah ke badan air atau laut ini lah yang akan

menurunkan kualitas air di perairan tersebut. Limbah yang tidak dikelola dengan baik dan dilepaskan ke perairan akan menyebabkan pencemaran air (Romdhonia et al., 2023). Salah satu pencemar utama adalah timbal yang berasal dari aktivitas industri.

Timbal adalah logam berwarna abu-abu mengkilap yang mudah berubah menjadi gelap saat terpapar udara (Noviandri Lina, 2024). Ketika timbal larut dalam perairan, ia dapat mempengaruhi biota air yang hidup di lingkungan perairan yang telah tercemar oleh logam berat tersebut (Arkianti et al., 2019). Baku mutu yang ditetapkan pemerintah untuk timbal dalam air sangat bervariasi tergantung pada jenis dan fungsi perairan. Misalnya, untuk sungai dan danau kelas 1–3 batasnya adalah 0,03 mg/L, sedangkan untuk kelas 4 mencapai 0,5 mg/L. Di sisi lain, batas aman timbal di perairan laut untuk kegiatan wisata bahari adalah 0,005 mg/L dan untuk biota laut sebesar 0,008 mg/L (PP No. 22 Tahun 2021). Timbal yang masuk ke perairan akan menyebabkan terjadinya bioakumulasi di dalam tubuh ikan dan bersifat toksik (Pradona & Partaya, 2022).

Ikan cenderung mengabsorbsi logam berat melalui makanan ataupun udara pada perairan tercemar melalui insang (Purwanto et al., 2020). Sifat timbal yang toksik dan terakumulasi pada tubuh ikan akan memberikan efek yang tidak baik bagi kesehatan manusia. Logam berat seperti timbal yang terakumulasi dalam jaringan tubuh ikan dapat berpindah ke manusia melalui rantai makanan. Fenomena ini disebut biomagnifikasi, yaitu proses akumulasi zat pencemar yang meningkat pada setiap tingkat trofik dalam ekosistem. Akumulasi timbal dalam tubuh manusia dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan serius, seperti kerusakan perkembangan otak pada anak-anak, anemia, serta gangguan fungsi darah (Romdhonia et al., 2023). Paparan timbal pada manusia dapat meningkatkan kadar asam aminolevulinat (ALA) dalam darah, memendekkan usia sel darah merah, serta mengganggu produksi dan jumlah sel darah merah (Juliana C et al., 2017). Melihat besarnya risiko kesehatan yang mungkin ditimbulkan, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kontaminasi logam berat timbal (Pb) pada ikan serta potensi bahayanya terhadap kesehatan manusia, khususnya melalui konsumsi ikan dari perairan yang tercemar.

METODE

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode literature review atau studi pustaka, yakni dengan menelaah berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, buku, dan referensi relevan lainnya yang mendukung topik penelitian. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan pemahaman mendalam dan perkembangan terkini terkait isu yang dikaji (Cahyono E et al., 2019). Adapun literatur yang digunakan terdiri dari artikel penelitian asli (*original research*), baik dari publikasi nasional maupun internasional, yang diterbitkan dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir (2014–2024) dan dapat diakses secara terbuka (*open access*). Penelusuran artikel menggunakan mesin pencarian Google Scholar, Science Direct, Pubmed, dan Mdpi dengan kata kunci “Kontaminasi Timbal” dan “Timbal pada Ikan”. Sebanyak 25 artikel penelitian yang relevan dengan masalah dan topik penelitian dikumpulkan dan ditelaah kemudian disajikan untuk menganalisa hasil kontaminasi timbal pada ikan.

HASIL

Sebagian besar lokasi yang dianalisis menunjukkan kadar timbal (Pb) dalam air yang masih kurang dari batas maksimal yang telah ditentukan, yaitu 0,01 mg/L, sebagaimana tercantum dalam Peraturan Pemerintah nomor 82 Tahun 2001. Tetapi, masih ada beberapa lokasi sungai dengan kadar Pb-nya melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Misalnya, pada Sungai Gajah Wong dengan kadar Pb mencapai 0,228 mg/L, Sungai Winongo dengan 0,054 mg/L, Sungai Tenggang Semarang dengan 0,03 mg/L, dan Pantai Utara Jawa yang tercatat

sebesar 0,452 mg/L. Angka-angka ini menunjukkan bahwa terjadi pencemaran logam berat, khususnya timbal, di beberapa lokasi tersebut.

Meskipun kadar Pb dalam air pada sebagian besar lokasi terpantau rendah, kandungan Pb dalam ikan yang ditemukan di sungai-sungai tersebut masih tergolong tinggi. Sebagian besar ikan di lokasi tersebut menunjukkan kadar Pb yang melampaui kadar maksimal yang ditetapkan dalam SNI 7387:2009, yaitu 0,3 mg/kg. Contohnya, ikan yang berasal dari Sungai Winongo memiliki kadar Pb yang sangat tinggi, mencapai 11,35 mg/kg pada organ viscera. Organ viscera, yang meliputi hati dan lambung, memang dikenal sebagai tempat utama akumulasi logam berat (Busira et al., 2020). Namun, pada daerah industri pesisir Manyar dan Gresik, kandungan Pb dalam ikan ditemukan kurang dari baku mutu yang telah ditetapkan oleh SNI, menunjukkan bahwa pencemaran logam berat lebih terkonsentrasi di beberapa area lain. Aktivitas industri, pembuangan limbah domestik, dan kegiatan pelabuhan di lokasi-lokasi tersebut menjadi penyebab utama pencemaran timbal yang mengancam kualitas air dan kehidupan akuatik di sekitarnya.

Tabel 1. Daftar Artikel Literatur Tentang Kontaminasi Timbal (Pb) pada ikan

Judul artikel	Penulis (Tahun)	Metode Penelitian	Populasi Sampel	dan Hasil Penelitian	Kesimpulan
Kandungan Logam Berat Arkianti, Timbal (Pb) pada Ikan Sungai Lamat Nana Kabupaten Magelang	Nisa Berat Arkanti, Nur Kusuma Dewi, dan analitik. Kariada Martuti (2019)	Penelitian bersifat observasional Penentuan Tri stasiun pengamatan menggunakan purposive sampling Sampel ikan diambil secara composite.	ini Tiga stasiun Muntilan Kabupaten Magelang, Dusun antara Ngasem Sampel ikan Gunung Pring.	Analisis logam pengamatan yaitu timbal (Pb) pada air (Pb) di air Sungai antara Sungai menunjukkan kadar di Lamat berada di Kroco dan Sungai bawah batas deteksi, bawah 0,01 mg/L Cacaban, sebelum sesuai dengan PP No. sehingga masih area RSUD 82 Tahun 2001 (0,01 sesuai dengan baku mg/L). Namun, kadar mutu PP No. 82 Thn Kabupaten Pb pada ikan berkisar 2001. Namun, kadar Magelang, Dusun antara 0,3042-0,7268 Pb dalam ikan Ngasem Desa mg/Kg, melebihi batas berkisar 0,03-0,08 SNI 7389:2009. µg/g dan telah melampaui batas aman SNI 7387:2009.	Konsentrasi timbal berat Konsentrasi timbal pengamatan yaitu timbal (Pb) pada air (Pb) di air Sungai antara Sungai menunjukkan kadar di Lamat berada di Kroco dan Sungai bawah batas deteksi, bawah 0,01 mg/L Cacaban, sebelum sesuai dengan PP No. sehingga masih area RSUD 82 Tahun 2001 (0,01 sesuai dengan baku mg/L). Namun, kadar mutu PP No. 82 Thn Kabupaten Pb pada ikan berkisar 2001. Namun, kadar Magelang, Dusun antara 0,3042-0,7268 Pb dalam ikan Ngasem Desa mg/Kg, melebihi batas berkisar 0,03-0,08 SNI 7389:2009. µg/g dan telah melampaui batas aman SNI 7387:2009.
Kadar Logam Jean Berat Timbal Queen Dozy pada Ikan Busira, Nila Guruh (Oreochromis Prihatmo, niloticus) di Suhendra Sungai Gajah Pakpahan Wong, (2020) Yogyakarta	Jeck Penelitian dilakukan di Sungai Wong, Wong, Yogyakarta yang terbagi menjadi 3 24 cm dan berat stasiun.	Populasi: Ikan nila di Sungai Gajah Wong, Wong, Yogyakarta yang terbagi dengan ukuran 17-24 cm dan berat musculus 99-230 gram. Metode ekstraksi yang sampel yang digunakan terdiri dari 45 sampel: 75 mg/kg, dan 15 aqua regia sampel air, dan 15 digestible.	Konsentrasi rata-rata Kadar Pb pada air dan tubuh ikan nila 0,228 mg/L, sedimen melebihi baku mutu 2,090 mg/kg, dan pada dan batas aman organ ikan nila: konsumsi, 0,7976 sedangkan kadar Pb os 1,9626 pada sedimen masih 1,1706 mg/kg. Ikan nila yang terdiri dari 45 memiliki BCF rendah adalah metode sampel organ, 15 (kurang dari 100).	Kadar Pb pada air dan tubuh ikan nila: konsumsi, 0,7976 sedangkan kadar Pb os 1,9626 pada sedimen masih 1,1706 mg/kg. Ikan nila yang terdiri dari 45 memiliki BCF rendah adalah metode sampel organ, 15 (kurang dari 100).	
Kandungan Logam Berat Indryana Timbal (Pb) Purwanto, pada Ikan Nila Guruh (Oreochromis Prihatmo, niloticus) dan Suhendra Ikan Bawal Pakpahan (Colossoma macropomum) di Sungai	Annabelle Sampel ikan Total ada 120 Kadar Pb dalam air yang (0,054 mg/L) melebihi (Pb) dalam air yang (0,054 mg/L) melebihi baku mutu, menandakan Bagian ikan yang sementara Pb dalam mutu, menandakan aqua regia diteliti adalah sedimen aman (38,29 pencemaran serius. digestible organ viscera, mg/kg). Pada ikan nila Meskipun sedimen Pengukuran tulang dan daging dan bawal, Pb tertinggi masih aman, tetap kadar Pb ekstrak masing-masing 5 ditemukan di viscera. menjadi tempat menggunakan replikat. AAS	Sampel ikan Total ada 120 Kadar Pb dalam air yang (0,054 mg/L) melebihi (Pb) dalam air yang (0,054 mg/L) melebihi baku mutu, menandakan Bagian ikan yang sementara Pb dalam mutu, menandakan aqua regia diteliti adalah sedimen aman (38,29 pencemaran serius. digestible organ viscera, mg/kg). Pada ikan nila Meskipun sedimen Pengukuran tulang dan daging dan bawal, Pb tertinggi masih aman, tetap kadar Pb ekstrak masing-masing 5 ditemukan di viscera. menjadi tempat menggunakan replikat. AAS	Kadar Pb dalam air yang (0,054 mg/L) melebihi (Pb) dalam air yang (0,054 mg/L) melebihi baku mutu, menandakan Bagian ikan yang sementara Pb dalam mutu, menandakan aqua regia diteliti adalah sedimen aman (38,29 pencemaran serius. digestible organ viscera, mg/kg). Pada ikan nila Meskipun sedimen Pengukuran tulang dan daging dan bawal, Pb tertinggi masih aman, tetap kadar Pb ekstrak masing-masing 5 ditemukan di viscera. menjadi tempat menggunakan replikat. AAS		

Judul artikel	Penulis (Tahun)	Metode Penelitian	Populasi Sampel	dan Hasil Penelitian	Kesimpulan
Winongo, Yogyakarta		Data diolah menggunakan software SPSS 21			terutama bagian viscera dan tulang, dapat menjadi bioindikator pencemaran.
Kandungan Azizah Logam Berat Maslahat Timbal (Pb), (2021) Kadmium (Cd), dan Merkuri (Hg) di dalam Tubuh Ikan Wader (<i>Barbodes binotatus</i>) dan Air Sungai Cikaniki, Kabupaten Bogor	& Pengambilan sampel menggunakan random purposive sampling di lima dan seluruh ikan ikan stasiun yang yang hidup di sungai. aliran sungai bagian hulu, hilir, kawasan industri emas, area penambangan liar, dan kawasan irigasi. Sampel ikan diambil dari Sungai Cikaniki segmen Kabupaten Bogor dari hulu ke hilir sungai.	Populasi penelitian seluruh Sungai Cikaniki (0,02 mg/L) melebihi baku ambang batas, di daerah aliran mutu 0,01 mg/L. sementara Pb dan Sungai Cikaniki Kandungan Pb pada Hg masih aman. sampling di lima dan seluruh ikan ikan Wader (0,4–0,7 Namun, kandungan stasiun yang yang hidup di mg/kg), kadmium (<0,4 Pb, Cd, dan Hg pada mg/kg), dan merkuri ikan melampaui (0,630–1,029 mg/kg) batas FAO/WHO semuanya melampaui 2000. ambang batas FAO/WHO, masing-masing sebesar 0,3; 0,1; dan 0,5 mg/kg.	Kadar kadmium di Sungai Cd di Sungai Cikaniki (0,02 mg/L) melebihi baku ambang batas, di daerah aliran mutu 0,01 mg/L. sementara Pb dan Sungai Cikaniki Kandungan Pb pada Hg masih aman. sampling di lima dan seluruh ikan ikan Wader (0,4–0,7 Namun, kandungan stasiun yang yang hidup di mg/kg), kadmium (<0,4 Pb, Cd, dan Hg pada mg/kg), dan merkuri ikan melampaui (0,630–1,029 mg/kg) batas FAO/WHO semuanya melampaui 2000. ambang batas FAO/WHO, masing-masing sebesar 0,3; 0,1; dan 0,5 mg/kg.		
Akumulasi Pradona Logam Berat Partaya Timbal (Pb) (2022) pada Daging Ikan di Tanjung Mas Semarang	S., Penelitian menggunakan rancangan observasional dengan penetapan pengambilan sampel menggunakan teknik purposive random sampling.	Populasi penelitian ialah menunjukkan bahwa perairan Tanjung seluruh air yang kadar Pb di lokasi III, Mas, Semarang berada di aliran IV, dan V melebihi berkisar 0,00–0,015 Tanjung Mas dan batas baku mutu PP RI mg/L, dengan seluruh ikan yang No. 22 Tahun 2021 sebagian titik hidup di aliran (0,05 mg/L). melebihi ambang tersebut. Sampel ikan di lokasi V batas.	Hasil pengujian Kadar timbal (Pb) di ambang batas SNI daging ikan tercatat 7387:2009 (2,0 mg/kg), antara 0,00–9,973 yang diduga akibat mg/kg, dan di lokasi pencemaran dari V melebihi baku aktivitas kapal dan mutu, dengan nilai limbah industri di BCF tergolong sekitar kawasan sedang. pelabuhan dan industri.	Hasil pengujian Kadar timbal (Pb) di ambang batas SNI daging ikan tercatat 7387:2009 (2,0 mg/kg), antara 0,00–9,973 yang diduga akibat mg/kg, dan di lokasi pencemaran dari V melebihi baku aktivitas kapal dan mutu, dengan nilai limbah industri di BCF tergolong sekitar kawasan sedang. pelabuhan dan industri.	
Analisis Kandungan Kadmium (Cd) Dan Timbal (Pb) (2023) Pada Ikan Belanak Di Wilayah Industri Pesisir	Romdhonia N., Pujiati R., Ningrum Penelitian deskriptif observasional dengan metode survei.	Populasi penelitian merupakan Belanak di industri pesisir limbah domestik wilayah Industri Kecamatan Manyar dan dan industri. Pesisir Kecamatan Manyar Gresik berada di bawah Meskipun kadar Cd ambang batas yang dan Pb pada ikan Manyar dan ditetapkan. Kadar belanak di wilayah Gresik dimana kadmium berkisar tersebut masih terdapat lima antara -0,0631 hingga - berada di bawah	dari Kadar kadmium (Cd) Sumber dan timbal (Pb) pada pencemaran Cd dan Ikan ikan belanak di wilayah Pb berasal dari Belanak di industri pesisir limbah domestik wilayah Industri Kecamatan Manyar dan dan industri. Pesisir Kecamatan Manyar Gresik berada di bawah Meskipun kadar Cd ambang batas yang dan Pb pada ikan Manyar dan ditetapkan. Kadar belanak di wilayah Gresik dimana kadmium berkisar tersebut masih terdapat lima antara -0,0631 hingga - berada di bawah	dari Kadar kadmium (Cd) Sumber dan timbal (Pb) pada pencemaran Cd dan Ikan ikan belanak di wilayah Pb berasal dari Belanak di industri pesisir limbah domestik wilayah Industri Kecamatan Manyar dan dan industri. Pesisir Kecamatan Manyar Gresik berada di bawah Meskipun kadar Cd ambang batas yang dan Pb pada ikan Manyar dan ditetapkan. Kadar belanak di wilayah Gresik dimana kadmium berkisar tersebut masih terdapat lima antara -0,0631 hingga - berada di bawah	

Judul artikel	Penulis (Tahun)	Metode Penelitian	Populasi Sampel	dan Hasil Penelitian	Kesimpulan
Kecamatan Manyar Dan Gresik			sampel yang 0,0288 mg/kg, baku mutu, diambil secara sementara timbal antara akumulasi Pb tetap acak dari populasi -0,0587 hingga -0,0542 aman dan tidak ikan yang mg/kg. Ini melebihi batas yang terjaring pada menunjukkan bahwa ditetapkan.	lima titik lokasi ikan belanak aman penelitian yang untuk dikonsumsi, telah ditentukan. asalkan tidak berlebihan.	
Occurrence Putu Angga Sampel diambil Sampel terdiri dari Kadar logam berat Kadar logam berat and Consumer Wiradana, I sebanyak 17 34 produk fillet dalam ikan demersal dalam ikan Health Risk Made Gde produk demersal ikan yang dan cephalopod berada demersal dan Assessment of Sudyadnyan dan 17 produk mencakup 17 di bawah batas yang cephalopod dari Heavy Metals a Sandhika, cephalopod dari produk ikan ditetapkan oleh Benoa Port aman in Frozen Putu Eka distributor demersal dan 17 lembaga kesehatan untuk konsumsi, Demersal Fish Sudaryatma, produk produk internasional, dengan dan bioakumulasi and I Gede perikanan di cephalopod. THQ kurang dari 1, logam berat pada Cephalopod Widhiantara, Benoa Port pada Setiap sampel yang menunjukkan kedua produk Products From Made Bulan Juli 2022 memiliki berat tidak ada risiko tersebut tidak Benoa Port, Nyandra, rata-rata 500 kesehatan bagi menimbulkan risiko Bali Province Adnorita gram. konsumen. TCR juga kesehatan bagi Fandah menunjukkan tidak ada konsumen. Oktariani, risiko kanker terkait Setyo Budi konsumsi kedua produk Kurniawan perikanan ini.	(2024)				
Analysis of Pollution Levels of Heavy Metals of Lead (Pb) And Copper (Cu) In Freshwater Fish In Lake Toba Water	Eva P. Fine E. S (2023)	Penelitian dilakukan selama bulan Agustus- September 2022 Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik purposive sampling	Sampel diambil sebanyak 250 ml pada setiap tawar di Danau Toba ikan juga diambil Cu masing-masing 3 kadar Pb antara 0,0386 dan berat timbal (Pb) stasiun. Sampel hingga 0,0700 ppm, dan berat timbal (Pb) ikan juga diambil Cu antara 0,0059 dan tembaga (Cu) masing- masing dengan Nilai panjang 40-60 cm biokonsentrasi (BCF) lingkungan perairan ikan air tawar (Pb di Danau Toba. 0,401-0,721) dan Cu (2,347- 8,325).	air Konsentrasi logam Terdapat air keterkaitan yang menunjukkan signifikan antara masing-masing 3 kadar Pb antara 0,0386 kandungan logam masing- masing dengan Nilai faktor kondisi parameter panjang 40-60 cm biokonsentrasi (BCF) lingkungan perairan ikan air tawar (Pb di Danau Toba. 0,401-0,721) dan Cu (2,347- 8,325).	
Lead Content Analysis in Fish As Early Warning System For Food Safety in Rawa Bangkau Waters of South Kalimantan	Yasmin Arifin Sofiani Purwanto (2020)	Z, Penelitian P, dilakukan pada diambil D, bulan Juli- berbagai T. September 2020 diantaranya di tengah dan papuyu, outlet Rawa gabus, Bangkau toman, Pengambilan sampel menggunakan jaring insang	Sampel diambil pada diambil berbagai jenis, standar kualitas SNI Bangaku berisiko ikan dan EU untuk kadar membahayakan ikan timbal, sementara kesehatan karena ikan hanya 16% yang kandungan timbal ikan memenuhi kedua yang tinggi. dan standar tersebut, dan Diperlukan 7% lainnya hanya pengelolaan yang memenuhi standar SNI. terpadu untuk Ini menunjukkan mengurangi bahwa sebagian ikan pencemaran dan tidak aman untuk memastikan dikonsumsi. keamanan pangan.	ikan Sebanyak 77% sampel Konsumsi ikan dari dengan ikan tidak memenuhi perairan Rawa jenis, standar kualitas SNI Bangaku berisiko ikan dan EU untuk kadar membahayakan ikan timbal, sementara kesehatan karena ikan hanya 16% yang kandungan timbal ikan memenuhi kedua yang tinggi. dan standar tersebut, dan Diperlukan 7% lainnya hanya pengelolaan yang memenuhi standar SNI. terpadu untuk Ini menunjukkan mengurangi bahwa sebagian ikan pencemaran dan tidak aman untuk memastikan dikonsumsi. keamanan pangan.	
Analisis Risiko Kesehatan	Glori Djoko (2024)	K, Survei lapangan sampel R dan analisis dari laboratorium	lapangan 60 sampel 4 laboratorium (Logending,	ikan Sebanyak 90% sampel Kandungan Pb pada ikan melebihi batas aman Pb ikan di 4 TPI dapat 0,20 mg/kg, dengan memicu terjadinya	

Judul artikel	Penulis (Tahun)	Metode Penelitian	Populasi Sampel	dan Hasil Penelitian	Kesimpulan
Konsenterasi Logam Berat Timbal (Pb) Pada Ikan Di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Di Kecamatan Ayah, Kabupaten Kebumen		(ANOVA, RQ, ECR)	Argopeni, Karang Duwur, Pasir)	Rata-rata ditemukan Karangduwur (4,95 pada mg/kg). Argopeni pesisir, khususnya menunjukkan risiko di lokasi dengan kesehatan tertinggi (RQ paparan 3922,19, ECR 0,0572 mg/kg-hari).	tertinggi risiko di TPI yang signifikan (4,95 pada masyarakat tinggi. Pengelolaan risiko dan bioremediasi sangat penting untuk menurunkan kadar Pb.
Analisis Cemaran Logam Berat (2020) Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Dalam Daging Ikan Kakap Merah (Lutjanus Sp.) Di Tpi Kluwut Brebes	Endang T. H. Nana K. analitik	Observasi K. analitik menggunakan Spektrofotomete r Serapan Atom kali) (SSA)	9 ekor ikan kakap merah, masing- masing 1 kg/ekor	Kandungan Pb dan Cd pada ikan kakap merah perairan di TPI aman yang ditetapkan menunjukkan BPOM RI 2018, adanya kontaminasi dengan Pb tertinggi logam berat, dan 0,0939 mg/kg dan Cd bioakumulasi dapat tertinggi 0,0953 mg/kg. menjadi risiko jangka panjang bagi masyarakat.	Meski masih aman, berada di bawah batas Kluwut
Analisis Risiko Kesehatan Akibat Pajanan Timbal (Pb) Dalam Biota Laut Pada Masyarakat Sekitar Teluk Kendari	Syarifuddin Muhammad, Sarto (2018)	Observasi analitik dengan jenis) dan kerang ikan: pendekatan ARKL dan EKL responden (cross-sectional) (proportional sampling)	30 sampel ikan (3 kerang dari 6 tambak; 110 mg/kg, kerang: 0,1026– 0,1097 mg/kg;	Kandungan Pb dalam Masyarakat sekitar Teluk Kendari memiliki risiko akibat risiko konsumsi ikan konsumsi ikan dan RQ=1,29, kerang kerang yang RQ=4,03. Konsumsi tercemar Pb kerang memberikan (RQ>1). Diperlukan risiko kesehatan lebih pengendalian sumber pencemaran dan konsumsi aman.	3 Kandungan Pb dalam kerang: 0,1026– 0,1097 mg/kg; tingkat kesehatan akibat risiko konsumsi ikan konsumsi ikan dan RQ=1,29, kerang kerang yang RQ=4,03. Konsumsi tercemar Pb kerang memberikan (RQ>1). Diperlukan risiko kesehatan lebih pengendalian sumber pencemaran dan konsumsi aman.
Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dalam Ikan Nila (Oreochromis niloticus) yang Hidup di Sungai Kalitengah, Sidoarjo	Weda M, Tarzan P(2016)	Penelitian Observasional dengan analisis deskriptif, menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)	Ikan nila dari 5 Stasiun di Sungai Tengah	Kandungan timbal (Pb) pada ikan nila antara 0,146 ppm-0,174 ppm, ikan nila yang melebihi batas baku kandungan timbal mutu 0,008 ppm dalam tubuhnya melebihi batas maksimal yang telah ditetapkan yang mana dapat menimbulkan risiko kesehatan jika dikonsumsi	Di Sungai Kali Tengah terdapat 0,146 ppm-0,174 ppm, ikan nila yang melebihi batas baku kandungan timbal mutu 0,008 ppm dalam tubuhnya melebihi batas maksimal yang telah ditetapkan yang mana dapat menimbulkan risiko kesehatan jika dikonsumsi
Heavy Metal Concentration in Fish from River Tano in Ghana and the Health Risks Posed to Consumers	Nyantakyi et al. (2021)	Metode penelitian meliputi pengambilan sampel ikan dari Sungai Tano.	Populasi dalam penelitian ini (Pb), kadmium (Cd), Tano, Ghana, adalah ikan yang arsenik (As), merkuri terkontaminasi terdapat di Sungai (Hg), kromium (Cr), logam berat, dengan sampel ikan dari Tano, Ghana. dan seng (Zn) pada arsenik (As), Sungai Tano. Sampel yang beberapa spesies ikan merkuri (Hg), dan diambil terdiri melebihi batas aman kromium (Cr) dari 18 ikan yang FAO/WHO, terutama melebihi batas aman mewakili 10 untuk arsenik dan FAO/WHO. Meski spesies berbeda. merkuri. Penilaian timbal (Pb), seng risiko menunjukkan (Zn), dan kadmium	Konsentrasi timbal Ikan dari Sungai penelitian ini (Pb), kadmium (Cd), Tano, Ghana, adalah ikan yang arsenik (As), merkuri terkontaminasi terdapat di Sungai (Hg), kromium (Cr), logam berat, dengan sampel ikan dari Tano, Ghana. dan seng (Zn) pada arsenik (As), Sungai Tano. Sampel yang beberapa spesies ikan merkuri (Hg), dan diambil terdiri melebihi batas aman kromium (Cr) dari 18 ikan yang FAO/WHO, terutama melebihi batas aman mewakili 10 untuk arsenik dan FAO/WHO. Meski spesies berbeda. merkuri. Penilaian timbal (Pb), seng risiko menunjukkan (Zn), dan kadmium	

Judul artikel	Penulis (Tahun)	Metode Penelitian	Populasi Sampel	dan Hasil Penelitian	Kesimpulan
Assessment of Sawe S., et Potentially al.. (2023) Toxic Metals in Fish from Lake Manyara, Northern Tanzania	Pengambilan Sampel ikan lele merupakan Afrika dan seluruh ikan lele ditemukan pada ikan dari Danau Manyara tilapia dari dan ikan tilapia lele Afrika, dengan tidak melebihi batas Danau Manyara, yang hidup di tembaga (Cu) mencapai aman yang Danau Manyara. 16,91 mg/kg dan nikel ditetapkan oleh Sampel terdiri dari (Ni) 0,91 mg/kg. FAO dan WHO, 10 ikan lele Afrika Tilapia memiliki menunjukkan	Populasi	bahwa kadar Pb, Cd, (Cd) aman, tetap dan Zn aman, namun ada risiko non-As, Cr, dan Hg berisiko karsinogenik dan karsinogenik dan non- karsinogenik.	Konsentrasi logam Konsentrasi logam berat tertinggi berat dalam ikan	bahwa kadar Pb, Cd, (Cd) aman, tetap dan Zn aman, namun ada risiko non-As, Cr, dan Hg berisiko karsinogenik dan karsinogenik dan non- karsinogenik.
Heavy Metal Bazarsaduev S., Sampel ikan penelitian ini menunjukkan bahwa akumulasi logam berat dalam ikan, Barguzin V., Nikitina bream, crucian terdapat di Sungai berat, termasuk timbal kandungan timbal River (Eastern E., carp, common Barguzin, yang (Pb), dalam jaringan (Pb) dalam jaringan Cisbaikalia) Zhigzhitzhap carp, perch, dan ditangkap oleh ikan dari Sungai otot ikan berada and ova S., northern pike nelayan yang batas aman. Kadar Pb dan tidak melebihi Assessment of taraskin V., melalui nelayan Sampel terdiri dalam otot ikan tidak nilai maksimum Potential Bazarshapov lokal yang diambil Risks to T., Dong S., memiliki izin dari 6 spesies melebihi batas yang diizinkan Human Health Radnaeva L. menangkap ikan ikan. (2023) di Sungai Barguzin.	Pengambilan	Populasi dalam Penelitian ini menunjukkan bahwa akumulasi logam berat dalam ikan, yang batas aman. Kadar Pb dan tidak melebihi batas yang diizinkan yang (MAC). Penilaian oleh risiko kesehatan menggunakan THQ (Target Hazard Quotient) dan HI (Hazard Index) menunjukkan apabila mengonsumsi ikan yang berasal dari Sungai Barguzin tidak menyebabkan risiko non-karsinogenik yang signifikan, karena semua nilai THQ dan HI berada di bawah satu.	dalam Penelitian ini menunjukkan bahwa akumulasi logam berat dalam ikan, yang batas aman. Kadar Pb dan tidak melebihi batas yang diizinkan yang (MAC). Penilaian oleh risiko kesehatan menggunakan THQ (Target Hazard Quotient) dan HI (Hazard Index) menunjukkan apabila mengonsumsi ikan yang berasal dari Sungai Barguzin tidak menyebabkan risiko non-karsinogenik yang signifikan, karena semua nilai THQ dan HI berada di bawah satu.	Meskipun terdapat akumulasi logam berat dalam ikan, yang batas aman. Kadar Pb dan tidak melebihi batas yang diizinkan yang (MAC). Penilaian oleh risiko kesehatan menggunakan THQ (Target Hazard Quotient) dan HI (Hazard Index) menunjukkan apabila mengonsumsi ikan yang berasal dari Sungai Barguzin tidak menyebabkan risiko non-karsinogenik yang signifikan, karena semua nilai THQ dan HI berada di bawah satu.	

Judul artikel	Penulis (Tahun)	Metode Penelitian	Populasi Sampel	dan Hasil Penelitian	Kesimpulan
Lead, Mercury and Cadmium in Fish and Shellfish from the Indian Ocean and Red Sea (African Countries): Public Health Challenges	Isidro Jose et al. (2020)	Kajian pustaka dengan pengumpulan data sekunder	Data berbagai jenis makanan laut dari negara-negara Afrika	beberapa makanan laut Pentingnya kontrol berat di atas batas monitoring terhadap aman, menunjukkan logam berat dalam risiko kesehatan makanan laut.	Beberapa makanan laut memiliki kadar logam ketat dan berat dalam batas monitoring terhadap masyarakat.
Target Hazard Quotient Evaluation Of Cadmium And Lead In Fish From Caspian Sea	Yalda Zahra (2016)	B. & Pengukuran K. konsentrasi logam berat pada ikan dengan AAS, perhitungan Target Hazard Quotient (THQ)	6 spesies ikan dari Laut Kaspia	THQ menunjukkan risiko logam berat wilayah ini rendah untuk konsumsi ikan oleh orang dewasa dan anak-anak	Konsumsi ikan dari wilayah ini rendah namun tetap perlu perhatian pada beberapa spesies.
Arsenic, mercury, cadmium and lead contents in Algerian continental and marine farming fish and human health risk assessment due to their consumption	Boubeker Khellaf et al. (2023)	Sampel dianalisis menggunakan metode terakreditasi yang dilakukan oleh penelitian dikumpulkan sebelumnya Chevallier et al. (2015).	Sebanyak 145 ikan sampel air dari sementara kadar timbal non-karsinogenik yang dilakukan area peternakan, (Pb) dan cadmium (Cd) yang rendah bagi ikan yang dilakukan area peternakan, (Pb) dan cadmium (Cd) yang rendah bagi oleh penelitian dikumpulkan umumnya rendah. sebagian besar sebelumnya antara Maret dan Meskipun tidak konsumen. Risiko ditemukan risiko efek karsinogenik sedikit ikarik pada ikan non-karsinogenik bagi lebih tinggi pada diambil berbagai ikan serta meningkat pada Penelitian lebih berbagai tempat konsumsi ikan tilapia lanjut diperlukan pembudidayaan merah dan sea bream untuk mengevaluasi ikan di Aljazair.	180 Kontaminan utama di Konsentrasi arsenik sampel, termasuk jaringan otot ikan dan merkuri dalam pakan, dan 20 diikuti merkuri (Hg), menunjukkan risiko sampel air dari sementara kadar timbal non-karsinogenik yang dilakukan area peternakan, (Pb) dan cadmium (Cd) yang rendah bagi oleh penelitian dikumpulkan umumnya rendah. sebagian besar sebelumnya antara Maret dan Meskipun tidak konsumen. Risiko ditemukan risiko efek karsinogenik sedikit ikarik pada ikan non-karsinogenik bagi lebih tinggi pada diambil berbagai ikan serta meningkat pada Penelitian lebih berbagai tempat konsumsi ikan tilapia lanjut diperlukan pembudidayaan merah dan sea bream untuk mengevaluasi ikan di Aljazair.	Kontaminan utama di Konsentrasi arsenik sampel, termasuk jaringan otot ikan dan merkuri dalam pakan, dan 20 diikuti merkuri (Hg), menunjukkan risiko sampel air dari sementara kadar timbal non-karsinogenik yang dilakukan area peternakan, (Pb) dan cadmium (Cd) yang rendah bagi oleh penelitian dikumpulkan umumnya rendah. sebagian besar sebelumnya antara Maret dan Meskipun tidak konsumen. Risiko ditemukan risiko efek karsinogenik sedikit ikarik pada ikan non-karsinogenik bagi lebih tinggi pada diambil berbagai ikan serta meningkat pada Penelitian lebih berbagai tempat konsumsi ikan tilapia lanjut diperlukan pembudidayaan merah dan sea bream untuk mengevaluasi ikan di Aljazair.
Human exposure in Italy to lead, cadmium and mercury through fish and seafood product consumption from Eastern Central Atlantic Fishing Area	Silvia Zaza , et al. (2015)	Pengukuran kadar Cd dan Pb dilakukan menggunakan Quadrupole Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (Q-ICP-MS) dengan spektrometer Elan 6000 (Perkin Elmer Italia).	450 sampel dibeli dari berbagai gerai ritel di Italia, dengan memilih antar spesies, yang sampel yang Pb pada cumi-cumi dan direkomendasikan dikumpulkan dari udang mencapai 240– untuk logam yang 270 mg/kg, dan Hg dinilai, bahkan tertinggi pada ikan untuk persentil ketodak dan ikan laut 95 konsumen di Eropa (54% dan 36% Italia. Hal ini dari ML). Cumi-cumi menunjukkan menunjukkan kadar Cd bahwa konsumsi tertinggi pada 440 ikan dan produk mg/kg, diikuti ikan makanan laut di todak (120 mg/kg). Italia aman terkait paparan logam berat.	Studi ini menemukan Disimpulkan bahwa konsentrasi EWI tidak melebihi TWI dan PTWI dengan memilih antar spesies, yang sampel yang Pb pada cumi-cumi dan direkomendasikan dikumpulkan dari udang mencapai 240– untuk logam yang 270 mg/kg, dan Hg dinilai, bahkan tertinggi pada ikan untuk persentil ketodak dan ikan laut 95 konsumen di Eropa (54% dan 36% Italia. Hal ini dari ML). Cumi-cumi menunjukkan menunjukkan kadar Cd bahwa konsumsi tertinggi pada 440 ikan dan produk mg/kg, diikuti ikan makanan laut di todak (120 mg/kg). Italia aman terkait paparan logam berat.	Studi ini menemukan Disimpulkan bahwa konsentrasi EWI tidak melebihi TWI dan PTWI dengan memilih antar spesies, yang sampel yang Pb pada cumi-cumi dan direkomendasikan dikumpulkan dari udang mencapai 240– untuk logam yang 270 mg/kg, dan Hg dinilai, bahkan tertinggi pada ikan untuk persentil ketodak dan ikan laut 95 konsumen di Eropa (54% dan 36% Italia. Hal ini dari ML). Cumi-cumi menunjukkan menunjukkan kadar Cd bahwa konsumsi tertinggi pada 440 ikan dan produk mg/kg, diikuti ikan makanan laut di todak (120 mg/kg). Italia aman terkait paparan logam berat.
Arsenic, cadmium, lead Patryk et al.	M, Konrad (2018)	Kontaminan diukur Sampel spesies ikan	dari Tingkat unsur-unsur pada ikan tawar yang diuji	kontaminasi Konsumsi ikan air	

Judul artikel	Penulis (Tahun)	Metode Penelitian	Populasi Sampel	dan Hasil Penelitian	Kesimpulan
and mercury content and health risk assessment of consuming freshwater fish with elements of chemometric analysis (2022)		menggunakan metode dianalisis menggunakan atomic absorption spectrometry (AAS) and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS).	tawar 212. Sampel tersebut dari 74 sampel ikan (sudah mati, merkuri (9,04–606,3 µg/kg), dan timbal vendace, karena (benar di toko (0,04–171,4 µg/kg). nilai CR yang ikan), 66 sampel Penilaian ikan asap, dan 72 termasuk THQ dan HI, THQ dan HI sampel ikan yang menunjukkan bahwa menunjukkan diasamkan dalam konsumsi trout asap, bahwa semua cuka spirit (tidak perch asap, pike-perch spesies ikan tersebut semua spesies mentah, dan whitefish dapat memberikan ikan yang acar dapat efek non-diselidiki tersedia menimbulkan risiko karsinogenik.	sebanyak menunjukkan dengan risiko karsinogenik, terdiri arsenik (23,3–59,290,1 terutama pada trout kadmium coklat, bream mentah (0,02–97,0 µg/kg), umum, belut Eropa, mati, merkuri (9,04–606,3 pike-perch, dan disiapkan dengan µg/kg), dan timbal vendace, karena (benar di toko (0,04–171,4 µg/kg). nilai CR yang ikan), 66 sampel Penilaian risiko, tinggi. Namun, nilai ikan asap, dan 72 termasuk THQ dan HI, THQ dan HI sampel ikan yang menunjukkan bahwa menunjukkan diasamkan dalam konsumsi trout asap, bahwa semua cuka spirit (tidak perch asap, pike-perch spesies ikan tersebut semua spesies mentah, dan whitefish dapat memberikan ikan yang acar dapat efek non-diselidiki tersedia menimbulkan risiko karsinogenik.	variasi dapat menimbulkan dengan risiko karsinogenik, terdiri arsenik (23,3–59,290,1 terutama pada trout kadmium coklat, bream mentah (0,02–97,0 µg/kg), umum, belut Eropa, mati, merkuri (9,04–606,3 pike-perch, dan disiapkan dengan µg/kg), dan timbal vendace, karena (benar di toko (0,04–171,4 µg/kg). nilai CR yang ikan), 66 sampel Penilaian risiko, tinggi. Namun, nilai ikan asap, dan 72 termasuk THQ dan HI, THQ dan HI sampel ikan yang menunjukkan bahwa menunjukkan diasamkan dalam konsumsi trout asap, bahwa semua cuka spirit (tidak perch asap, pike-perch spesies ikan tersebut semua spesies mentah, dan whitefish dapat memberikan ikan yang acar dapat efek non-diselidiki tersedia menimbulkan risiko karsinogenik.
Analisis Kadar Timbal pada Ikan Suharsih yang Diperdagangkan di Tempat Pelelangan Ikan Paotere, Kota Makassar	Nurasisah, Nurul U., (2018)	Menggunakan model penelitian deskriptif kuantitatif	Populasi penelitian adalah cakalang yang metode cakalang yang ada di Tempat Pelelangan Ikan.	dalam Kandungan timbal pada Dari 10 sampel ini ikan cakalang yang yang dianalisis, 5 Ikan diuji menggunakan sampel diambil dari cakalang yang metode AAS lokasi A dengan ada di Tempat menunjukkan kadar rata-rata kandungan Pelelangan Ikan. terendah 0,0067 mg/kg timbal 0,02294 dan tertinggi 0,0486 mg/kg, dan 5 mg/kg, dan rata-rata sampel lainnya dari 0,02568 mg/kg lokasi B dengan (terdapat kadar timbal). rata-rata kandungan timbal 0,02836 mg/kg.	dalam Kandungan timbal pada Dari 10 sampel ini ikan cakalang yang yang dianalisis, 5 Ikan diuji menggunakan sampel diambil dari cakalang yang metode AAS lokasi A dengan ada di Tempat menunjukkan kadar rata-rata kandungan Pelelangan Ikan. terendah 0,0067 mg/kg timbal 0,02294 dan tertinggi 0,0486 mg/kg, dan 5 mg/kg, dan rata-rata sampel lainnya dari 0,02568 mg/kg lokasi B dengan (terdapat kadar timbal). rata-rata kandungan timbal 0,02836 mg/kg.
Studi Pencemaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Tongkol (Euthynnus sp.) di Pantai Utara Jawa	Izza Hananingtya s (2017)	Penelitian bersifat deskriptif dengan pendekatan cross sectional study.	ini Populasi penelitian adalah seluruh ikan tongkol ikan tongkol (Euthynnus sp) yang berasal dari kadmium (Cd) sampel Pantai Utara Jawa. Sampel penelitian ini timbal dan 60% sampel batas aman. diambil secara purposive sampling.	dalam Di lima daerah Pantai Utara Jawa, kadar rata- rata timbal (Pb) pada 10 sampel ikan tongkol ikan tongkol adalah tongkol (Euthynnus sp) 0,2760 mg/kg dan mengandung timbal yang berasal dari kadmium (Cd) 0,156 dan 6 sampel Pantai Utara mg/kg. Sebanyak 40% mengandung Jawa. Sampel sampel mengandung kadmium melebihi penelitian ini timbal dan 60% sampel batas aman. melebihi batas aman BPOM dan SNI, yaitu timbal 0,3 mg/kg dan kadmium 0,1 mg/kg.	di lima daerah Pantai Utara Jawa, kadar rata- rata timbal (Pb) pada 10 sampel ikan tongkol ikan tongkol adalah tongkol (Euthynnus sp) 0,2760 mg/kg dan mengandung timbal yang berasal dari kadmium (Cd) 0,156 dan 6 sampel Pantai Utara mg/kg. Sebanyak 40% mengandung Jawa. Sampel sampel mengandung kadmium melebihi penelitian ini timbal dan 60% sampel batas aman. melebihi batas aman BPOM dan SNI, yaitu timbal 0,3 mg/kg dan kadmium 0,1 mg/kg.
Kandungan logam berat pada ikan nila (Oreochromis niloticus) di Sungai Tenggang, Semarang, Jawa Tengah	Dana Yuli A et al. (2019)	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode purposive sampling.	Sampel ikan yang digunakan dalam penelitian ini 5 ekor ikan pada stasiun penelitian. Stasiun 1 kadar timbal (Pb) di Sungai Tenggang, (Pb) di Sungai Tenggang sebanyak Semarang, melebihi Tenggang melebihi batas aman di sebagian besar stasiun. Stasiun 1 kadar 0,0755-0,1425 mg/l di air tertinggi (0,247 mg/l), dan 1,106-4,242 sedangkan stasiun 2 dan 3 masing-masing memiliki konsentrasi 0,1425 mg/l di air tertinggi (0,247 mg/l), dan 1,106-4,242 mg/kg pada ikan stasiun 3 masing-masing BCF masing 0,0755 mg/l menunjukkan	Konsentrasi timbal (Pb) di Sungai Tenggang, (Pb) di Sungai Tenggang sebanyak Semarang, melebihi Tenggang melebihi batas aman di sebagian besar stasiun. Stasiun 1 kadar 0,0755-0,1425 mg/l di air tertinggi (0,247 mg/l), dan 1,106-4,242 sedangkan stasiun 2 dan 3 masing-masing memiliki konsentrasi 0,1425 mg/l di air tertinggi (0,247 mg/l), dan 1,106-4,242 mg/kg pada ikan stasiun 3 masing-masing BCF masing 0,0755 mg/l menunjukkan	Konsentrasi timbal (Pb) di Sungai Tenggang, (Pb) di Sungai Tenggang sebanyak Semarang, melebihi Tenggang melebihi batas aman di sebagian besar stasiun. Stasiun 1 kadar 0,0755-0,1425 mg/l di air tertinggi (0,247 mg/l), dan 1,106-4,242 sedangkan stasiun 2 dan 3 masing-masing memiliki konsentrasi 0,1425 mg/l di air tertinggi (0,247 mg/l), dan 1,106-4,242 mg/kg pada ikan stasiun 3 masing-masing BCF masing 0,0755 mg/l menunjukkan

Judul artikel	Penulis (Tahun)	Metode Penelitian	Populasi Sampel	dan Hasil Penelitian	Kesimpulan
Determination Brraich of LC50 of S., & Kaur Lead Nitrate M. (2015) for a fish, Labeo rohita (HamiltonBuchenan)	O. Uji akut menggunakan metode standar APHA, dengan cm, diaklimatisasi analisis probit selama 15 hari.	toksisitas Ikan <i>Labeo rohita</i> LC50 berusia <1 tahun untuk dengan berat 10±2 adalah g, panjang 10±1 dengan kematiannya meningkat	LC50.	Lead Labeo 34,20 mg/l, menilai tingkat ekosistem perairan yang dan meningkat seiring batas aman dengan konsentrasi dan toksik.	Nitrate Uji toksisitas akut rohita berguna untuk kesehatan perairan yang dan menentukan seiring batas aman bahan dengan konsentrasi dan toksik.

PEMBAHASAN

Paparan logam berat seperti timbal (Pb) di wilayah pesisir tidak hanya menjadi isu ekologis semata, melainkan juga telah berkembang menjadi permasalahan serius dalam bidang kesehatan masyarakat. Logam berat adalah jenis zat pencemar yang bersifat toksik dan berbahaya, terutama apabila terakumulasi di dalam tubuh makhluk hidup dalam jangka waktu yang panjang dan dalam kadar yang melebihi baku mutu yang telah ditentukan oleh standar lingkungan maupun kesehatan. Paparan yang terus-menerus dan tanpa disadari dapat menyebabkan penumpukan logam berat dalam jaringan tubuh, yang pada akhirnya mengganggu keseimbangan fisiologis serta menimbulkan berbagai gangguan kesehatan. Dalam kasus logam berat Pb, akumulasi ini diketahui memiliki efek yang sangat merugikan bagi kesehatan, seperti merusak fungsi sistem saraf pusat, mengganggu komposisi darah, serta menyebabkan kerusakan serius pada organ-organ penting seperti ginjal, paru-paru, dan organ vital lainnya (Haryanti E & Martuti N, 2020).

Hasil dari kajian literatur menunjukkan bahwa pencemaran logam berat Pb memiliki pola penyebaran dan dampak yang kompleks. Proses ini dimulai dari berbagai aktivitas manusia, baik yang berasal dari sektor industri, domestic, maupun kegiatan ekonomi lainnya yang memproduksi limbah. Limbah ini kemudian mencemari lingkungan, terutama perairan seperti sungai dan laut, serta sedimen di dasar perairan tersebut. Logam berat yang telah mencemari lingkungan kemudian masuk ke rantai makanan melalui proses akumulasi dalam organisme air, seperti kerang dan ikan. Proses ini dikenal sebagai biomagnifikasi, yaitu peningkatan konsentrasi bahan beracun dalam jaringan organisme pada tingkat trofik yang lebih tinggi. Akhirnya, logam berat tersebut mencapai manusia sebagai konsumen akhir, yang mengkonsumsi ikan dan makanan laut lainnya secara rutin, terutama di komunitas pesisir.

Kerang, salah satu biota laut yang hidup menetap dan menyaring air laut untuk mendapatkan makanan, sering digunakan sebagai bioindikator pencemaran logam berat. Hal ini karena kerang sangat rentan mengakumulasi logam berat seperti Pb dalam jaringan tubuhnya, terutama ketika berada di perairan yang telah tercemar. Fakta ini menjadi semakin penting karena kerang merupakan salah satu jenis makanan yang berasal dari laut, banyak orang mengetahui dan juga bahkan mengonsumsinya. Oleh karena itu, risiko terjadinya toksisitas kronis akibat konsumsi kerang yang terkontaminasi logam berat menjadi perhatian utama, khususnya pada kelompok rentan seperti anak-anak, yang secara fisiologis lebih sensitif terhadap efek neurotoksik dari logam berat. Penelitian menunjukkan bahwa ikan juga dapat berfungsi sebagai bioindikator pencemaran lingkungan. Sebagai contoh, Sungai Gajah Wong

dan Sungai Winongo di Yogyakarta menjadi lokasi yang cukup menonjol dalam beberapa penelitian karena menunjukkan kadar Pb yang tinggi, baik dalam air maupun dalam tubuh ikan yang ditangkap dari perairan tersebut. Pencemaran tersebut sebagian besar disebabkan oleh pembuangan limbah domestik, industri rumah tangga, serta aktivitas industri berskala besar yang tidak dikelola dengan baik. Sumber utama dari limbah yang mengandung Pb termasuk limbah elektroplating, limbah dari proses pembuatan dan daur ulang baterai, serta limbah pigmen yang digunakan dalam berbagai produk industri. Di sisi lain, aktivitas transportasi air di pelabuhan, seperti yang terjadi di kawasan Pelabuhan Tanjung Mas, juga memberikan kontribusi signifikan terhadap pencemaran Pb di wilayah pesisir. Limbah yang dihasilkan oleh kendaraan air, baik berupa bahan bakar, oli, maupun zat kimia lainnya, dapat mencemari perairan sekitar dan menambah beban pencemaran logam berat.

Pb merupakan logam beracun sangat berbahaya bagi manusia karena dapat memasuki tubuh melalui berbagai jalur, salah satunya yang paling umum adalah melalui makanan yang dikonsumsi dan telah terkontaminasi, seperti kerang dan ikan. Ikan yang hidup di lingkungan tercemar memiliki potensi besar untuk menyerap dan menyimpan Pb dalam jaringan tubuhnya. Jika ikan tersebut dikonsumsi secara rutin, maka akumulasi Pb dalam tubuh manusia dapat terjadi, yang pada akhirnya berisiko menyebabkan keracunan logam berat (Haryanti E & Martuti N, 2020). Risiko ini meningkat secara signifikan pada kelompok rentan seperti anak-anak, wanita dalam usia reproduktif, dan ibu hamil, karena sistem metabolisme mereka lebih sensitif terhadap paparan zat toksik.

Paparan Pb pada manusia dapat menyebabkan dua jenis efek toksik, yaitu efek akut dan efek kronis (Kusumastuti et al., 2020). Efek toksitas akut biasanya muncul secara cepat setelah seseorang terpapar Pb dalam dosis tinggi dalam waktu singkat, dan ditandai dengan gejala seperti masalah pada ginjal, sakit kepala, mual, kram perut, serta penurunan produksi urin (oliguria). Sementara itu, efek toksitas kronis lebih berbahaya karena timbul setelah paparan terjadi terus-menerus dalam jangka panjang dan gejalanya sering kali tidak langsung disadari. Efek jangka panjang ini meliputi kelelahan kronis, gangguan pada sistem reproduksi, kerusakan permanen pada ginjal, serta peningkatan risiko keguguran dan kelahiran prematur pada ibu hamil. Risiko ini menjadikan pencemaran Pb sebagai masalah serius yang memerlukan perhatian dari berbagai pihak.

Dengan mempertimbangkan dampak ekologis dan kesehatan masyarakat yang ditimbulkan oleh logam berat Pb, maka diperlukan langkah-langkah strategis dan terintegrasi untuk mengurangi dampak pencemaran ini. Upaya tersebut mencakup pengelolaan limbah yang lebih baik, penguatan regulasi lingkungan, peningkatan kesadaran masyarakat tentang bahaya konsumsi biota laut dari perairan tercemar, serta pelaksanaan monitoring berkala terhadap kadar logam berat dalam lingkungan dan bahan pangan laut. Penanganan yang tepat dan berkelanjutan sangat diperlukan untuk melindungi kesehatan masyarakat, khususnya mereka yang tinggal di kawasan pesisir yang rentan terhadap paparan logam berat.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar timbal (Pb) dalam air di sebagian besar lokasi penelitian masih berada di bawah batas baku mutu yang ditetapkan oleh PP No. 82 Tahun 2001, yang sebesar 0,01 mg/L. Namun, terdapat dua lokasi yaitu Sungai Gajah Wong dan Sungai Winongo di Yogyakarta memiliki kadar Pb dalam air sungai melampaui nilai baku mutu dengan masing-masing sebesar 0,228 mg/L dan 0,054 mg/L. Kadar Pb dalam ikan yang ditemukan di sebagian besar lokasi penelitian juga melebihi batas baku mutu SNI 7387:2009, yaitu 0,3 mg/kg. Tingginya kandungan Pb dalam ikan meskipun kadar Pb dalam air rendah menunjukkan adanya bioakumulasi logam berat pada ikan. Faktor utama penyebab pencemaran Pb di lokasi penelitian adalah limbah domestik, limbah industri, serta aktivitas

transportasi seperti di pelabuhan Tanjung Mas. Dampak yang ditimbulkan akibat konsumsi ikan yang mengandung Pb adalah dapat mengganggu fungsi organ, gangguan reproduksi, hingga peningkatan risiko keguguran dan kelahiran prematur pada kelompok rentan seperti ibu hamil. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengendalikan pencemaran logam berat pada perairan meliputi pengelolaan limbah yang lebih baik, dan pengawasan terhadap aktivitas industri.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti menyampaikan terimakasih atas dukungan, inspirasi dan bantuan kepada semua pihak dalam membantu peneliti menyelesaikan penelitian ini, termasuk pada peserta yang telah bersedia berpartisipasi dalam penelitian hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, D., Suprapto, D., & Febrianto, S. (2019) "Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Di Sungai Tenggang, Semarang, Jawa Tengah *Heavy Metal Concentration of Pb in Nile tilapia (Oreochromis niloticus) in the Tenggang River, Semarang, Central Java,*" *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 8(3), 242-249.
- Arkianti, N., Kusuma Dewi, N., & Martuti Nana. (2019). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan di Sungai Lamat Kabupaten Magelang. *Life Sciences*, 8, 54–63. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/LifeSci>
- Azizah & Maslahat. (2021). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), dan Merkuri (Hg) di dalam Tubuh Ikan Wader (*Barbodes binotatus*) dan Air Sungai Cikaniki, Kabupaten Bogor. *LIMNOTEK Perairan Darat Tropis di Indonesia* 2021, 28(2): 83-93
- Bazarsadueva S., Shiretorova V., Nikitina E., Zhigzhitzhapova S., taraskin V., Bazarshapov T., Dong S., Radnaeva L. (2023). *Heavy Metal Content in Fish of the Barguzin River (Eastern Cisbaikalia) and Assessment of Potential Risks to Human Health*
- Busira, D., Prihatmo, G., & Pakpahan, S. (2020). Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pad Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Sungai Gajah Wong, Yogyakarta. Prosiding Seminar Nasional Biologi Di Era Pandemi COVID-19, 372–379. <http://journal.uinalauddin.ac.id/index.php/psb/>
- Cahyono E, Sutomo, & Hartono A. (2019). Literatur Review ; Panduan Penulisan Dan Penyusunan. *Jurnal Keperawatan*, 12(2), 1–12.
- Hananingtyas, I. (2017). Studi Pencemaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Tongkol (*Euthynnus sp.*) di Pantai Utara Jawa. *Journal of Tropical Biology*, 1(2).
- Haryanti E, & Martuti N. (2020). Analisis Cemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Dalam Daging Ikan Kakap Merah (*Lutjanus sp.*) Di TPI Kluwut Brebes. *Life Sciences*, 9(2), 149–160. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/LifeSci>
- Juliana C, Nurjazuli, & Suhartono. (2017). Hubungan Kadar Timbal dalam Darah dengan Jumlah Eritrosit, MCV dan MCH Pada Ibu Hamil di Daerah Pantai. *Jurnal Higiene*, 3(3), 161.
- Khellaf, B., Bouayad, A., Benouadah, A., Hamdi, T., Chekri, R., & Jitaru, P. (2023). Arsenic, mercury, cadmium and lead contents in Algerian continental and marine farming fish and human health risk assessment due to their consumption. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.102943>
- Kusumastuti, D., Setiaini, O., & Joko, T. (2020). Analisis Frekuensi Konsumsi Makanan Laut Dan Kandungan Logam Berat Pb Dalam Darah Wanita Usia Subur (WUS) Di Wilayah

- Kerja Puskesmas Bandarharjo. Jurnal Kesehatan Masyarakat, 8(5), 687–693. <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Mahalina, W., & Purnomo, T. (2016). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dalam Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang Hidup di Sungai Kalitengah, Sidoarjo. LenteraBio, 5(1).
- Muhammad, S., & Sarto. (2018). Analisis Risiko Kesehatan Akibat Pajanan Timbal (Pb) Dalam Biota Laut Pada Masyarakat Sekitar Teluk Kendari. Berita Kedokteran Masyarakat 34(10).
- Noviandri Lina. (2024, October 2). Timbal(Pb) 101: Semua Yang Kamu Perlu Tahu Tentang Timbal. <https://www.pureearth.org/timbal101-1/>
- Nyantakyi A., Wiafe S., Akoto O., Baffoe B. (2021). Heavy Metal Concentrations in Fish from River Tano in Ghana and the Health Risks Posed to Consumers. *Journal Environ Public Health*.
- Pane, E. P., & Siahaan, F. E. (2023). *Analysis of Pollution Levels of Heavy Metals of Lead (Pb) And Copper (Cu) In Freshwater Fish In Lake Toba Water*. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 12(2), 385–395. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v12i2.53714>
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. (2021).
- Pradona, S., & Partaya. (2022). Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Daging Ikan di Tanjung Mas Semarang. *Life Sciences*, 11(2), 143– 150. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/LifeSci>
- Purwanto, A. I., Prihatmo, G., & Pakpahan, S. (2020). 70 Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Ikan Bawal (*Colossoma macropomum*) di Sungai Winongo, Yogyakarta. *Sciscitatatio*, 1(2), 70–78.
- Romdhonia, N. F., Pujiati, R. S., & Ningrum, P. T. (2023). Analisis Kandungan Kadmium (Cd) Dan Timbal (Pb) Pada Ikan Belanak Di Wilayah Industri Pesisir Kecamatan Manyar Dan Gresik. *Ikesma*, 19(3), 211–221. <https://doi.org/10.19184/ikesma.v19i3.38926>
- Sandhika, P., Eka Sudaryatma, P., Fandah, & Kurniawan Setyo, B. (2024). *Occurrence and Consumer Health Risk Assessment of Heavy Metals in Frozen Demersal Fish and Cephalopod Products From Benoa Port, Bali Province*. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*.41–50.DOI:<https://doi.org/10.20473/jkl.v16i1.2024.41-50>.
- Sawe, S., Amasi, A. & Wynants, M. (2023). *Assessment of Potentially Toxic Metals in Fish from Lake Manyara, Northern Tanzania*. *Bull Environ Contam Toxicol* 111, 39.
- Singh, B., & Manjeet, K. (2015). *Determination of LC50 of Lead Nitrate for a fish, Labeo rohita (HamiltonBuchanan)*. *International Journal of Scientific Research*, 4(8).
- Tamele, I., & Loureiro, P. (2020). *Lead, Mercury and Cadmium in Fish and Shellfish from the Indian Ocean and Red Sea (African Countries): Public Health Challenges*. *Journal of Marine Sciene and Engineering*, 8(5).
- Zaza, S., Balogh, K., Palmery, M., & Stacchini, A. (2015). *Human exposure in Italy to lead, cadmium and mercury through fish and seafood product consumption from Eastern Central Atlantic Fishing Area*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 40. 148-153.