

Article Review

Potensi dan Ancaman Kesehatan Masyarakat Kalimantan dari Bioakumulasi Logam Berat pada Ikan Sungai. *Review*

Lia Septya^{1*}, Rizqi Yanuar Pauzi²

¹ Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya, Kalimantan Tengah, Indonesia.

² Departemen Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Jenderal Soedirman, Jawa Tengah, Indonesia.

*Email: lseptya@mipa.upr.ac.id

Submitted: 2024-02-26

Revised: 2024-03-15

Accepted: 2024-04-05

Abstrak

Kalimantan dengan daerah yang memiliki banyak aliran sungai menjadikan ikan sungai sebagai menu makanan khas dan identitas penamaan daerah. Sektor perikanan tangkap juga terjadi hampir di seluruh bagian sungai. Faktor keterikatan dan kebutuhan masyarakat terhadap ikan sungai konsumsi menjadikan kualitas dari komoditi ini perlu diperhatikan dalam mendukung tradisi, kesejahteraan dan kesehatan pangan masyarakat kalimantan. Tujuan dari kajian literatur ini untuk memberikan gambaran serta informasi komprehensif mengenai penurunan kualitas ikan sungai konsumsi juga menunjukkan perkembangan resiko terhadap kesehatan masyarakat kalimantan. Metode yang digunakan ialah kajian literatur mengenai potensi penyebab dan bioakumulasi pada ikan sungai konsumsi serta resiko kesehatan yang ditimbulkan. Basis data yang digunakan yakni artikel atau *e-book* terbitan tahun 2013-2024 melalui *Google Scholar*, *Sinta*, *Research Gate*, dan *Science Direct* yang memberikan informasi terbaharukan mengenai kasus yang berkaitan dengan “cemaran sungai”, “logam berat”, “bioakumulasi”, “resiko kesehatan” dan “kalimantan”. Hasil riset menunjukkan sebagian besar perairan sungai di Kalimantan tercemar logam berat diatas baku mutu standar dan sangat berpotensi terjadi bioakumulasi pada ikan sungai konsumsi ditandai dengan konsentrasi logam berat dan kerusakan yang ditimbulkan pada jaringan terutama pada ikan hasil tangkapan di DAS dengan faktor pencemar. Bioakumulasi dapat menyebabkan kerusakan fisiologis yang disebabkan oleh pemindahan dan akumulasi melalui rantai makanan sehingga sangat beresiko pada kesehatan manusia sebagai puncak rantai makanan dengan indikasi kerusakan pada berbagai sistem organ hingga memicu penyakit kronis dan kanker. Penelitian mengenai permasalahan ini di Kalimantan cenderung terbatas mengingat banyaknya aliran sungai, ragam jenis ikan serta variasi faktor pencemar maka dari itu perlu dilakukan penelitian dan upaya pencegahan lebih lanjut.

Kata kunci: *Bioakumulasi; Cemaran; Ikan; Sungai.*

Abstract

Kalimantan is an area that has many rivers, making river fish a typical food menu and a regional name for identity. The capture fisheries sector also occurs in almost all parts of the river. These kind of community's engagement factors related to river fish means that the quality of this commodity needs to be considered in supporting the food traditions, welfare and health of the people of Kalimantan. The aim of this literature review is to provide a comprehensive overview and information regarding the quality decrease of river fish for consumption as well as showing the development of risks to the health of the people of Kalimantan. The method used is a literature review regarding the potential causes and

bioaccumulation of consumption of river fish and the health risks they posed. The database used is articles or e-books published in 2013-2024 via Google Scholar, Sinta, Research Gate, and Science Direct which provide updated information regarding cases related to "river pollution", "heavy metals", "bioaccumulation", "health risks" and "Kalimantan". The research results shown that the majority of river waters in Kalimantan are polluted with heavy metals above standard quality standards and have the potential for bioaccumulation in river fish for consumption, characterized by the concentration of heavy metals and the damage caused to tissue, especially in fish caught in watersheds with polluting factors. Bioaccumulation cause physiological damage caused by transfer and accumulation through the food chain so that it is very risky to human health as the top of the food chain with indications of damage to various organ systems and can trigger chronic diseases and cancer. Research on this problem in Kalimantan tends to be limited considering the large number of river flows, various types of fish and variations in pollutant factors, therefore further research and prevention efforts need to be carried out.

Keywords: *Bioaccumulation; Fish; Pollution; Rivers.*

Copyright © 2024. The authors (CC BY-SA 4.0)

Pendahuluan

Ikan air tawar merupakan komoditas penting di Indonesia dengan jumlah mencapai 1193 spesies yang menempati keanekaragaman spesies air tawar ke 3 terkaya di dunia. Jumlah ini tidak termasuk dari spesies ikan yang belum teridentifikasi ataupun ditemukan [1]. Sungai merupakan sumber perairan penghasil komoditas air tawar bernilai ekonomis terutama pada hasil jual beli ikan sungai konsumsi [2]. Ikan sungai di Kalimantan dikonsumsi sebagai menu makanan khas daerah dan di beberapa daerah nama ikan sungai lokal turut dijadikan sebagai identitas melalui penggunaannya sebagai penamaan daerah yang tidak terlepas dari pengaruh anatomi sungai yang terletak di hulu, tengah, dan hilir [3], [4]. Sektor perikanan tangkap juga mewarnai perairan induk maupun anak sungai bahkan kegiatan penangkapan ikan sungai perseorangan atau kelompok baik secara aktif maupun pasif merupakan pemandangan yang sangat sering dijumpai pada masyarakat Kalimantan yang hidup berdampingan di aliran sungai [5]. Adanya faktor keterikatan dan kebutuhan masyarakat terhadap ikan sungai konsumsi menjadikan kualitas dari komoditi ini sangat perlu diperhatikan dalam mendukung tradisi, kesejahteraan dan kesehatan pangan masyarakat Kalimantan.

Habitat Sungai menjadi sangat penting dalam melihat kualitas biota didalamnya. Logam berat merupakan cemaran sungai yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia karena mampu terakumulasi didalam biota perairan seperti ikan [6]. Beberapa sungai di Kalimantan terdeteksi mengalami kontaminasi cemaran logam berat diantaranya kandungan Cu (Tembaga) pada sungai Pampang, Samarinda, Kalimantan Timur dan kandungan cemaran Cu diikuti cemaran Cd (Kadmium) pada Sungai Belayan, Kutai Kartanegara [7], [8]. Penelitian yang dilakukan oleh [9], di Delta Mahakam, Kalimantan Timur menguji kandungan beberapa parameter logam berat dan menunjukkan adanya kandungan Ni (Nikel) dengan nilai lebih tinggi dari nilai ambang batas yang dapat menyebabkan kerusakan biologis. Cemaran ini diduga berasal dari industri tambang minyak, gas dan batubara di area wilayah sampling. Riset Sudarningsih [10], menampilkan cemaran logam berat berupa Mn (Mangan), Fe (Besi), Hg (Merkuri), Zn (Zink), Cu di sungai Riam Kanan, Riam Kiri dan Martapura di Kalimantan Selatan.

Beralih ke Provinsi Kalimantan Utara, terdapat kontaminasi cemaran Cr (Kromium), Cu, Pb dan Zn dalam kategori rendah hingga sedang dan logam berat Cu dengan kategori sangat tinggi. Kondisi ini diprediksi sebagai akibat cemaran industri pertambangan [11]. Pada Provinsi Kalimantan Barat ditemukan bentuk cemaran logam berat berupa Hg dan Pb pada air dan Cd,

Hg dan Pb pada sedimen perairan di Kabupaten Bengkayang yang diduga kuat berasal dari limbah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan aktivitas antropogenik di sekitar wilayah sampling [12].

Berdasarkan uraian di atas, peningkatan kondisi cemaran logam berat yang semakin buruk dapat menegakkan potensi bioakumulasi cemaran logam berat pada ikan sungai konsumsi melalui rantai makanan sebagai salah satu biota perairan sungai yang dikonsumsi di Kalimantan. Tujuan dari kajian literatur ini untuk memberikan gambaran serta informasi komprehensif tidak hanya mengenai ancaman penurunan kualitas ikan sungai konsumsi tetapi juga menunjukkan perkembangan resiko terhadap kesehatan masyarakat Kalimantan yang sebagian besar bersinggungan langsung dengan komoditas ini. Penelitian yang berkaitan tentang cemaran logam berat dan bioakumulasinya pada ikan sungai konsumsi di Kalimantan hingga saat ini sangat terbatas namun bukti-bukti rujukan yang menunjukkan adanya korelasi kondisi cemaran sungai dan peningkatan akumulasi logam berat pada spesies ikan didalamnya dapat memperkuat adanya resiko yang mengancam kesehatan manusia sebagai konsumen utama. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut sangat diperlukan sebagai upaya pencegahan penurunan kualitas sungai dan komoditas ikan sungai serta kesehatan masyarakat disekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) di Kalimantan.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam riset studi ini ialah kajian literatur mengenai potensi penyebab cemaran logam berat di sungai, bioakumulasinya pada ikan sungai konsumsi dan resiko kesehatan yang dapat ditimbulkan. Basis data yang digunakan yakni artikel atau *e-book* terbitan tahun 2013-2024 melalui *Google Scholar*, *Sinta*, *Research Gate*, dan *Science Direct* yang memberikan informasi terbaharukan mengenai kasus yang berkaitan dengan daftar kunci yang digunakan meliputi “cemaran sungai”, “logam berat”, “bioakumulasi”, “resiko kesehatan” dan “kalimantan”. Hasil dari tinjauan pustaka ditampilkan melalui struktur penulisan yakni Pencemaran Sungai; Biokonsentrasi, Bioakumulasi dan Biomagnifikasi; Korelasi Cemaran Logam Berat pada Sungai dan Kualitas Ikan Sungai serta Resiko Kesehatan Manusia Sebagai Dampak Bioakumulasi.

Hasil dan Pembahasan

1. Pencemaran Sungai

Pencemaran logam berat di sungai dapat bersumber melalui beberapa kegiatan antropogenik dari skala domestik hingga industri yang diilustrasikan pada Gambar 1 [13]. DAS padat penduduk menghasilkan limbah domestik yang memberikan peran cukup besar dalam menghasilkan pencemaran pada Sungai [14]. Pada buangan limbah domestik ke aliran sungai ditemukan cemaran logam berat berupa Cd (Cadmium) dan Cr (Cromium) [6]. Selain itu aktivitas Masyarakat yang cukup padat di daerah aliran sungai juga memberikan efek samping berupa cemaran plastik. Penelitian Sugandi *et al* [15], sampah plastik dari hasil aktivitas masyarakat menghasilkan temuan akumulasi mikroplastik pada sistem pencernaan ikan ungai. Mikroplastik yang masuk ke dalam sistem pencernaan ikan sungai dapat menyebabkan beragam kerusakan fisiologis tubuh ikan dan dapat meningkatkan adsorpsi logam berat (Hg, Pb, Cr, Cu, Cd dan Zn) yang ada di lingkungan sekitarnya sehingga secara tidak langsung memiliki andil dalam peningkatan akumulasi cemaran logam berat pada biota sungai.

Pada kasus lain seperti penambangan emas juga turut menyumbang zat buang yang menghasilkan cemaran pada sungai. Dalam prosesnya, penambang menyedot pasir yang dialirkan ke bak miring berkarpet. Pasir yang tertahan kemudian masuk ke dalam proses amalgamasi dengan hasil buangan berupa logam berat seperti Cd (Cadmium), Hg (Raksa), Zn, Cu (Tembaga) yang pada banyak praktek tambang emas. Limbah ini dibuang langsung ke sungai dengan skala rendah hingga berat melampaui standar baku mutu minimum [16]. Tidak

hanya karena pertambahan pertumbuhan dan aktivitas masyarakat serta pertambangan yang membawa dampak dalam peningkatan cemaran logam berat di perairan sungai. Fakta laju peningkatan produktifitas industri, pertanian dan sebagainya yang menghasilkan zat buang atau bahkan membutuhkan berbagai jenis logam berat dalam prosesnya menjadi faktor pengali dalam menambah potensi cemaran di perairan [17].

Beberapa sungai induk, anak sungai hingga sedimen di lima Provinsi di Kalimantan mencakup Kalimantan Selatan [18], [19], Kalimantan Barat [15], [20], Kalimantan Tengah [21], Kalimantan Timur [15], hingga Kalimantan Utara [22], sudah masuk dalam kategori tercemar berat melalui beberapa parameter cemaran termasuk logam berat dan faktor cemaran yang memiliki potensi meningkatkan absorbansi logam berat pada biota perairan sungai. Faktor pencemar utama berasal dari limbah domestik, industri pertambangan batubara hingga sektor pertanian dan perkebunan sawit.



Gambar 1. Ilustrasi Faktor Penyebab Cemaran Logam Berat.

2. Biokonsentrasi, Bioakumulasi dan Biomagnifikasi

Pada dasarnya biota perairan dalam hal ini ikan sungai membutuhkan sejumlah logam berat dalam membantu metabolisme pertumbuhan dan perkembangan tubuhnya. Namun, kandungan logam berat dengan kadar diatas jumlah yang dibutuhkan menjadi masalah lain yang sangat merugikan. Akumulasi logam berat pada ikan terjadi melaui serangkaian proses kompleks yang dikontribusi oleh faktor endogen dan eksogen. Faktor endogen dapat mencakup kebiasaan makan pada ikan, kontak permukaan tubuh dengan air, rantai makanan hingga respirasi. Sedangkan faktor eksogen meliputi beberapa parameter seperti bioavailabilitas logam terkait, alkalinitas dan suhu lingkungan [23].

Berdasarkan mekanismenya proses masuknya logam berat kedalam tubuh ikan dapat melalui beberapa proses diantaranya Biokonsentrasi, Bioakumulasi dan Biomagnifikasi. Biokonsentrasi, merupakan proses masuknya logam berat melalui kontak biota dengan air yang tercemar melalui insang dan kulit [24]. Sedangkan, bioakumulasi merupakan penumpukan yang terjadi secara terus menerus didalam organ tubuh biota dari lingkungannya [17]. Pola

bioakumulasi logam berat pada biota akuatik seperti ikan umumnya dipengaruhi oleh umur, jenis kelamin, perilaku makan, posisi trofik, ukuran tubuh hingga status pemijahan [25].

Terdapat tiga tahapan pembentukan biokumulasi yang diawali oleh Pengambilan (*intake*) yakni pemasukan logam berat, Penyimpanan (*Storage*), proses penyimpanan logam berat pada organ-organ ikan sungai seperti hati dan ginjal hingga terjadi akumulasi yang menyebabkan kadar logam berat lebih tinggi didalam tubuh biota bila dibandingkan dengan kadarnya di air. Tahapan ketiga ialah eliminasi yaitu proses pemecahan bahan kimia menjadi sederhana [26].

Dinamika akumulasi logam berat didalam tubuh organisme juga dipengaruhi oleh tingkat kemampuan metabolisme organisme tersebut dalam menyerap hingga memproses pembuangan logam berat sebagai zat yang berbahaya sehingga menghasilkan perbedaan waktu paruh berbeda-beda pada tiap spesies. Katakanlah jika logam berat pada spesies tertentu belum sepenuhnya di eliminasi dari dalam tubuhnya maka logam berat ini pada akhirnya akan terakumulasi pada organisme predator yang memakan spesies ini dalam rantai makanan. Perpindahan logam berat yang kemudian diikuti oleh pertambahan serta akumulasi mengikuti jalur rantai makanan disebut sebagai proses biomagnifikasi [27]. Dapat dikatakan mekanisme biomagnifikasi memiliki peran penting dalam peningkatan kadar cemaran logam berat pada makhluk hidup melalui alur dan posisi organisme dalam rantai makanan sehingga menempatkan predator dengan tingkatan tinggi menjadi organisme yang paling banyak mengakumulasi logam berat [24]. Secara garis besar akumulasi logam berat ke jaringan tubuh biota dapat melalui udara maupun aktivitas antropogenik di daratan yang pada akhirnya memasuki tubuh ikan sungai. Pada logam berat tertentu dengan kelarutan rendah didalam air seperti merkuri sangat mudah terserap dalam jaringan tubuh serta organ dan terakumulasi semakin tinggi melalui rantai makanan [28].

3. Korelasi Cemaran Logam Berat pada Sungai dan Kualitas Ikan Sungai Konsumsi

Pada kajian ini terdapat beberapa kasus yang menunjukkan secara jelas mengenai keterkaitan antara cemaran logam berat yang terjadi pada perairan maupun sedimen sungai dan korelasinya terhadap temuan kandungan logam berat terkait pada jaringan maupun organ dari biota yang hidup didalamnya. Cemaran logam berat ditemukan di DAS Sekonyer, Kalimantan Tengah. Berdasarkan hasil riset yang dilakukan menunjukkan adanya kandungan cemaran logam berat pada perairan sungai berupa Zn dan Hg secara berurutan dengan kadar 145,43 ppb dan 4,38 ppb kedua nilai ini berada diatas batas minimum bakumutu. Kandungan logam berat Hg diatas baku mutu juga terdeteksi terdapat pada beberapa jenis ikan sampel yang diambil dengan hasil perhitungan faktor bioakumulasi Hg rasio >1000 (perlu diketahui rasio faktor bioakumulasi menjadi berbahaya apabila rasio organik/lingkungan=100-1000). Dalam studi ini urutan logam yang berpotensi terakumulasi pada tubuh ikan adalah $Zn > Hg > Cd$ [16].

Temuan akumulasi logam berat juga terjadi pada biota perairan dan sedimen Sungai Barito, Kalimantan Selatan. Hasil studi menunjukkan beberapa parameter logam berat mencakup Pb, Cu, Cd memiliki nilai aman $Cd < 0.0019$ mg/L, $Cu < 0.001$ mg/L, dan $Pb < 0.0019$ mg/L pada perairan sungai dan $Cd < 0.24$ mg/kg, $Cu < 0.013-0.69$ mg/kg, and $Pb < 0.024$ mg/kg pada sedimen. Namun faktanya kontaminasi logam berat ditemukan pada beberapa spesies biota pada titik sampling yaitu $Cd = 2.802$ mg/kg; $Cu = 3.399$ mg/kg, dan $Pb = 1.294$ mg/kg pada *Parapenaeopsis sculptilis*. Pada spesies *Acetes japonicus* dengan kadar $Cd = 2.127$ mg./kg, $Cu = 5.518$ mg/ kg, dan $Pb = 2.723$ mg/kg diikuti konsentrasi logam berat $Cd = 8.598$ mg/kg, $Cu = 6.403$ mg/kg, dan $Pb = 5.433$ mg/kg pada *Penaeus merguensi*. Riset ini menunjukkan adanya peningkatan kadar logam berat pada biota sungai meskipun nilai cemaran logam berat pada perairan maupun sedimen sungai masuk dalam kategori aman yang mengindikasikan terjadinya bioakumulasi logam berat diatas batas toleransi aman untuk dikonsumsi [29].

Kasus bioakumulasi logam berat juga terjadi di Sungai Melawi, Kalimantan Barat. Pada riset ini ditemukan adanya cemaran logam berat Hg pada perairan sungai yang diduga kuat berasal dari industri pertambangan. Studi ini mengungkapkan nilai faktor bioakumulasi pada ikan sungai konsumsi *Kryptopterus sp* (Lais) yang cukup tinggi diatas 0,3 ppm melebihi batas toleransi yang ditetapkan US EPA 823R-01-001. Kondisi ini berdasarkan analisis masuk dalam kategori terakumulasi berat dan sangat beresiko untuk dikonsumsi [30]. Kondisi lain terjadi di Sungai Payau, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Riset menunjukkan adanya konsentrasi Cu dan Zn secara berurutan 2.63-2.93 mg/kg dan 60.23-65.55 mg/kg melampaui batas maksimum aman konsumsi pada ikan sungai konsumsi. Berdasarkan analisis histopatologi terdeteksi terjadi kerusakan pada jaringan dan sel pada organ hati, insang dan daging pada beberapa spesies ikan sungai konsumsi *Kryptopterus sp*, *Arius sp*, *Pseudociennas sp*, *Chanda sp* meliputi nekrosis, pembengkakan, degenerasi lemak dan peradangan yang mengindikasikan adanya gangguan yang didapat oleh ikan dari lingkungan [31].

Pada kasus yang lain ditemukan adanya kerusakan jaringan insang ikan mujair dari sampel Sungai Bengawanjero. Analisis kandungan logam berat pada perairan menghasilkan nilai Kadar logam berat Pb air sungai tertinggi pada stasiun I sebesar 0.0094 mg/l dan Cd sebesar 0.0077 mg/l. Akumulasi Pb tertinggi pada daging ikan terdapat di stasiun I sebesar 0.0976 mg/L tidak melebihi baku mutu yaitu 0,3 mg/l dan Cd sebesar 0.0976 mg/l tidak melebihi baku mutu yaitu 0,1 mg/l. Meskipun kadar logam berat yang terdapat pada sampel air dan daging ikan sampel tidak melebihi batas baku mutu namun berdasarkan hasil pengamatan histologi insang Ikan Mujair dari ketiga stasiun terdapat kerusakan histologi meliputi, edema lamella sekunder, fusi lamella sekunder dan hiperplasia lamella sekunder [32].

Beralih ke Sungai Tondano, Sulawesi Utara juga dilakukan riset mengenai beberapa cemaran logam berat seperti Timbal, Merkuri, Zink dan Arsen. Hasil analisis membuktikan bahwa terdapat cemaran logam berat Zn berkisar antara $< 0,01 - 1,12$ mg/l. dan Pb $0,09 - 0,14$ mg/l nilai ini sudah diatas ambang batas baku mutu perairan sungai. Kadar Zn dan Pb pada ikan sampel ternyata juga sudah melebihi batas baku mutu standar keamanan pangan yaitu ikan Gabus (*Channa striata*) dengan kadar Zn 105,89 mg/l, Pb sebesar 11,01mg/l dan As 2×10^{-4} mg/l. Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) dengan kadar Zn 323,68 mg/l, Pb 10,83 mg/l dan As 2×10^{-4} mg/l. Ikan dengan jenis mujair (*Oreochromis mossambicus*) dengan kadar Zn sebesar 232,76 mg/l, Pb sebesar 15,90 mg/l, Hg $< 0,0016$ mg/l dan As sebesar 4×10^{-2} mg/l. Kadar Pb dan Zn sudah melebihi batas. Meskipun sebagian jenis cemaran berada dibawah batas baku mutu namun sangat memiliki resiko serta potensi untuk menyebabkan akumulasi pada ikan sungai yang ada dalam perairan nya [33].

Bioakumulasi logam berat juga terjadi pada ikan sungai konsumsi di Sungai Araguari, Brazil. Penelitian ini menginvestigasi bioakumulasi beberapa parameter logam berat. Nilai kandungan Cd 0.96 $\mu\text{g/g}$ dan Pb 1.46 $\mu\text{g/g}$ *Ageneiosus inermis* diatas limit 0.05 $\mu\text{g/g}$ yang ditetapkan berdasarkan baku mutu brazil diikuti Cd 0,93 $\mu\text{g/g}$ dan Pb 0.93 $\mu\text{g/g}$ *Hoplias Aimara* diatas limit 1.46 dengan batasan limit 0.3 $\mu\text{g/g}$ yang menyebabkan kedua spesies ikan ini tidak cukup layak untuk dikonsumsi mengingat ikan ini dikonsumsi oleh masyarakat tradisional di DAS Sungai Araguari. Berdasarkan analisis Indeks Resiko pada kedua spesies menunjukkan nilai > 25 yang mengindikasikan resiko tinggi bagi kesehatan manusia [34].

Bioakumulasi logam berat juga terjadi pada tujuh jenis ikan sungai yang paling banyak dikonsumsi dari Sungai Gangga, India antara lain *Cirrhinus mrigala*, *Cirrhinus reba*, *Catla catla*, *Lebio rohita*, *Crossocheilus latius*, *Clupisoma garua*, dan *Mystus tengara* yang disampling dari empat pasar tradisional Uttar Pradesh, India. Hasil analisis parameter logam berat meliputi Cu, Pb, Cd, Zn dan Cr ditemukan bahwa dari seluruh titik lokasi perairan sungai yang disampling terdeteksi konsentrasi seluruh parameter melebihi batas yang diizinkan kecuali Zn dengan nilai sebagai berikut, Cu: 1.35–4.58 mg/l; Zn: 4.74–8.44 mg/l; Pb: 0.24-0.85 mg/l; Cd: 0.54-0.85 mg/l, dan Cr: 0.32- 0.85 mg/l. Bioakumulasi faktor pada sampel

daging, insang dan hati pada seluruh spesies teridentifikasi ada pada tiap spesies sampel dengan urutan kuantitas kadar akumulasi logam berat sebagai berikut $Zn > Cu > Pb > Cd > Cr$, konsentrasi logam berat tertinggi pada jaringan organ dengan urutan hati > insang > daging [35]. Pada kajian resiko kesehatan yang dapat ditimbulkan akibat cemaran di Sungai Shitalakshya, Bangladeshe juga menunjukkan adanya keterkaitan antara cemaran pada sungai dan status kandungan logam berat As, Pb, Zn, Cd dan Cr di tiga spesies ikan sampel yaitu *Systomus sarana*, *Pethia ticto* dan *Mastacembelus armatus* melebihi batas baku mutu yang ditentukan otoritas kesehatan internasional. Dampak kumulatif dari semua logam dalam penelitian ini melampaui batas yang diperbolehkan sebesar 1 untuk HI (indeks bahaya) pada ketiga spesies [35].

Penelitian di Sungai Chenab juga menunjukkan variasi temuan cemaran logam berat berupa Pb, Cu dan Ni pada organ daging, insang, ginjal dan hati ikan sampel *Cirrhinus mrigala* yang diambil pada empat musim berbeda. Riset ini mengungkapkan cemaran logam berat paling tinggi terjadi pada musim panas dan terendah pada musim dingin. Selama musim dingin kandungan Pb pada jaringan pada hati (0.823 ± 0.009 ppm) > ginjal (0.817 ± 0.011 ppm) > daging (0.758 ± 0.009 ppm) > insang (0.742 ± 0.011 ppm). Sebaliknya pada musim panas konsentrasi pada hati sebesar (1.726 ± 0.066 ppm) > insang (1.633 ± 0.060 ppm) > ginjal (1.575 ± 0.051 ppm) > daging (1.532 ± 0.050 ppm). Sementara selama musim dingin, Bioakumulasi untuk logam berat Cu secara berurutan ginjal (1.88 ± 0.038) > hati (1.75 ± 0.037) > insang (1.67 ± 0.043) > daging (1.45 ± 0.031) ppm, pada musim panas meliputi insang (2.85 ± 0.071) > ginjal (2.84 ± 0.082) > hati (2.83 ± 0.068) > daging (2.72 ± 0.065) ppm. Selama musim dingin untuk kadar bioakumulasi Ni, ginjal (7.83 ± 0.139) > hati (7.68 ± 0.159) > daging (7.63 ± 0.162) > insang (7.61 ± 0.129) ppm dan pada saat musim panas nilai yang terdeteksi pada ginjal (8.71 ± 0.129) > daging (8.59 ± 0.131) > hati (8.56 ± 0.141) > insang (8.56 ± 0.131) ppm. Keseluruhan nilai ini dinyatakan diatas baku mutu yang diperbolehkan oleh WHO. Kadar bioakumulasi logam berat ini diikuti juga dengan analisis histopatologi yang menunjukkan adanya kerusakan pada jaringan ginjal dan hati berupa nekrosis, dilatasi dan sumbatan pada kapsula bowman. Sementara pada jaringan hati terdapat kerusakan dilatasi sinus, nekrosis hingga kerusakan pada vakuola sitoplasmik [36].

4. Resiko Kesehatan manusia sebagai dampak bioakumulasi

Dalam riset yang berkaitan dengan cemaran sungai dan akumulasi logam berat pada ikan digunakan beberapa indikator untuk menentukan potensi atau resiko Kesehatan yang akan ditimbulkan bagi manusia yang mengkonsumsi diantaranya Perkiraan Asupan Harian (EDI), Indeks Beban Pencemaran Rata-rata (APLI), Target Hazard Quotient (THQ), Bahaya Indeks (HI), Target Risiko Kanker (TCR) hingga Paparan Logam Berat Harian [30], [37].

Bioakumulasi logam berat pada ikan konsumsi sangat perlu menjadi pertimbangan dan juga peringatan mengingat efek negatif yang kemudian hari akan ditimbulkan bagi kesehatan manusia [38]. Dampak toksisitas yang ditimbulkan pada manusia meliputi gangguan fisiologis hampir seluruh dari kerja sistem organ manusia [39]. Pada kasus cemaran logam berat yang terakumulasi pada daging ikan sungai konsumsi secara langsung berperan menyebabkan pembentukan beberapa penyakit kronis pada manusia berupa penyakit kardiovaskular, neurologis, hati dan penyakit degenerative diikuti sejumlah pembentukan kanker pada organ.

Sebagai salah satu contoh efek berbahaya akumulasi logam berat Hg yang terakumulasi pada ikan sungai konsumsi dapat menyebabkan dampak instan keracunan kronis dengan beberapa simptom berupa faringitis, kesulitan menelan, sesak nafas, mual dan muntah darah yang jika tidak ditangani dengan tepat akan menyebabkan pembengkakan pada beberapa organ penting seperti kelenjar ludah, ginjal, hati yang berujung pada hepatitis dan nefritis. Selain kondisi tersebut keracunan merkuri juga dapat menyebabkan kerusakan pada beberapa sistem organ manusia termasuk pusat kendali yaitu sistem saraf [30].

Kesimpulan

Cemaran logam berat pada sungai berpotensi sangat tinggi menyebabkan bioakumulasi pada biota perairan termasuk ikan sungai konsumsi. Pada beberapa kondisi, cemaran logam berat pada sungai di bawah baku mutu nyatanya tetap berpotensi membentuk akumulasi pada tubuh biota perairan bahkan dapat lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi cemaran pada perairannya. Hal ini terjadi dikarenakan akumulasi dapat terjadi melalui *intake* langsung dengan perairan dan proses rantai makanan. Bioakumulasi cemaran logam berat dapat menyebabkan kerusakan fisiologis dan akumulasi logam berat pada ikan sungai konsumsi yang secara tidak langsung menyebabkan pemindahan dan akumulasi lanjutan melalui rantai makanan dengan manifestasi akumulasi logam berat pada manusia sebagai puncak tertinggi rantai makanan. Penelitian mengenai cemaran logam berat dan bioakumulasi ikan sungai konsumsi pada sungai di Kalimantan cenderung terbatas mengingat banyaknya aliran sungai, ragam jenis ikan sungai konsumsi, dan faktor pencemar yang bervariasi dari skala domestic, pertanian, perkebunan hingga industri pertambangan maka dari itu perlu dilakukan penelitian dan upaya pencegahan.

Daftar Pustaka

- [1] L. S. Syafei, "Keanekaragaman Hayati dan Konservasi Ikan Air Tawar," *JPPIK*, vol. 11, no. 1, pp. 48–62, Apr. 2017, doi: [10.33378/jppik.v11i1.85](https://doi.org/10.33378/jppik.v11i1.85).
- [2] Y. D. Apriani, N. Rahmawati, W. Astriana, Makri, and A. Fatiqin, "Analisis Morfometrik dan Meristik Ikan Genus *Oreochromis* sp," *Prosiding Semnas Bio 2021*, vol. 1, no. 2021, pp. 412–422.
- [3] M. Muslim, "Ikan lokal perairan tawar indonesia yang prospektif dibudidayakan." 2020. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/345989955>
- [4] A. I. Yulianti, I. Nurhayani, and N. Hamamah, "Toponymic Lexicon of River Culture in Central Kalimantan: An Ethnosemantic Study," *MADAH*, vol. 11, no. 2, pp. 173–182, Oct. 2020, doi: [10.31503/madah.v11i2.227](https://doi.org/10.31503/madah.v11i2.227).
- [5] S. Nurseptiani, M. M. Kamal, T. Taryono, and D. Surjanto, "Pengelolaan Perikanan Perairan Darat Berbasis Hak Di Sungai Sebangau, Taman Nasional Sebangau Kalimantan Tengah," *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, vol. 11, no. 2, p. 91, Dec. 2021, doi: [10.15578/jksekp.v11i2.9348](https://doi.org/10.15578/jksekp.v11i2.9348).
- [6] K. N. Jais *et al.*, "Bioakumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) Dan Kromium (Cr) Yang Terdapat Dalam Air Dan Ikan Di Sungai Tallo Makassar," *Window of Public Health Journal*, vol. 1, no. 3. Oktober, pp. 261–273, 2020.
- [7] S. Sumarlin and B. Harsono, "Analisis logam berat tembaga (Cu) pada sungai Pampang Kelurahan Pampang Kecamatan Samarinda Utara," *Agrokompleks*, vol. 20, no. 2, pp. 12–18, Nov. 2020, doi: [10.51978/japp.v20i2.215](https://doi.org/10.51978/japp.v20i2.215).
- [8] F. Tulzuhrah, A. Rafi'i, and R. Eryati, "Kandungan Logam Berat Pada Badan Air Dan Sedimen Di Sungai Belayan Kabupaten Kutai Kartanegara," *TAS*, vol. 1, no. 1, pp. 31–38, Feb. 2023, doi: [10.30872/tas.v1i1.470](https://doi.org/10.30872/tas.v1i1.470).
- [9] H. Effendi, M. Kawaroe, Mursalin, and D. F. Lestari, "Ecological Risk Assessment of Heavy Metal Pollution in Surface Sediment of Mahakam Delta, East Kalimantan," *Procedia Environmental Sciences*, vol. 33, pp. 574–582, 2016, doi: [10.1016/j.proenv.2016.03.110](https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.110).
- [10] S. Sudarningsih *et al.*, "Magnetic susceptibility and heavy metal contents in sediments of Riam Kiwa, Riam Kanan and Martapura rivers, Kalimantan Selatan province, Indonesia," *Heliyon*, vol. 9, no. 6, p. e16425, Jun. 2023, doi: [10.1016/j.heliyon.2023.e16425](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16425).
- [11] E. Wardhani and L. A. Sulistiowati, "Analisis Kualitas Sedimen Sungai Segah Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Utara," *Jurnal Rekayasa Hijau*, vol. 2, no. 2, Nov. 2018, doi: [10.26760/jrh.v2i2.2392](https://doi.org/10.26760/jrh.v2i2.2392).

-
- [12] B. Regency, W. K. Robi, A. B. Aritonang, M. Sari, and J. Sofiana, "Kandungan Logam Berat Pb, Cd dan Hg pada Air dan Sedimen di Perairan Samudera Indah Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat Heavy Metals Contents of Pb, Cd and Hg in the Water and Sediment in Samudra Indah Water," *Jurnal Laut Khatulistiwa*, vol. 4, no. 1, p. 20, 2021. [Online]. Available: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/lk>
- [13] H. Kolya and C.-W. Kang, "Toxicity of Metal Oxides, Dyes, and Dissolved Organic Matter in Water: Implications for the Environment and Human Health," *Toxics*, vol. 12, no. 2, p. 111, Jan. 2024, doi: [10.3390/toxics12020111](https://doi.org/10.3390/toxics12020111).
- [14] R. Yati, "Permasalahan Pencemaran Sungai Akibat Aktivitas Rumah Tangga Dan Dampaknya Bagi Masyarakat." Sep. 14, 2021. doi: [10.31219/osf.io/azjhp](https://doi.org/10.31219/osf.io/azjhp).
- [15] D. Sugandi, D. Agustawan, S. V. Febriyanti, Y. Yudi, and N. Wahyuni, "Identifikasi Jenis Mikroplastik dan Logam Berat di Air Sungai Kapuas Kota Pontianak," *POSITRON*, vol. 11, no. 2, p. 112, Dec. 2021, doi: [10.26418/positron.v11i2.49355](https://doi.org/10.26418/positron.v11i2.49355).
- [16] K. Hidayanti, "Distribusi Logam Berat Pada Air Dan Sedimen Serta Potensi Bioakumulasi Pada Ikan Akibat Penambangan Emas Tanpa Izin (Studi Kasus : DAS Sekonyer, Kalimantan Tengah)," *Media Teknik Lingkungan*, vol. 4, no. 1, pp. 24–33, Mar. 2019, doi: [10.33084/mitl.v4i1.651](https://doi.org/10.33084/mitl.v4i1.651).
- [17] E. T. Haryanti, N. K. T. Martuti, J. Biologi, and F. M. dan I. P. A. U. N. Semarang, "Analisis Cemar Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Dalam Daging Ikan Kakap Merah (*Lutjanus sp.*) Di TPI Kluwut Brebes." 2020. [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/LifeSci>
- [18] G. A. Bisa and Nasruddin, "Upaya Penanganan Limbah Yang Mencemari Sungai Di Kota Banjarmasin Kalimantan Selatan (Spatial Association Analisis)," *Jurnal Penelitian Multidisiplin*, vol. 1, no. 2, pp. 117–125, Dec. 2022, doi: [10.58705/jpm.v1i2.66](https://doi.org/10.58705/jpm.v1i2.66).
- [19] S. R. District *et al.*, "The Impact of Coal Companies on the Environment and Local Economy of Communities Around Padang Batung District and," vol. 19, no. 2, 2023.
- [20] T. Qodriati, I. Safitri, and M. S. J. Sofiana, "Abundance of Microplastic in Water of Sungai Terus Desa Sungai Nibung West Kalimantan," *Jurnal Ilmiah PLATAX*, vol. 11, no. 2, pp. 564–576, Oct. 2023, doi: [10.35800/jip.v11i2.49317](https://doi.org/10.35800/jip.v11i2.49317).
- [21] R. Lelu Nuto, M. Ruslan, and P. S. M. P. S. Alam, "Status Mutu Air Sungai Sirau Sub Das Sirau Di Das Barito Kabupaten Barito Timur Provinsi Kalimantan Tengah Sirau River Water Quality Status Sirau Sub-watershed in Barito Watershed, East Barito Regency, Central Kalimantan Province," vol. 15, no. 2, pp. 271–276.
- [22] T. M. Susantoro and A. Andayani, "Kontaminasi Logam Berat di Kawasan Pesisir Tanjung Selor Kalimantan Utara," *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, vol. 4, no. 1, p. 1, Apr. 2019, doi: [10.14203/oldi.2019.v4i1.181](https://doi.org/10.14203/oldi.2019.v4i1.181).
- [23] I. P. Adegbola, B. A. Aborisade, and A. Adetutu, "Health risk assessment and heavy metal accumulation in fish species (*Clarias gariepinus* and *Sarotherodon melanothron*) from industrially polluted Ogun and Eleyele Rivers, Nigeria," *Toxicology Reports*, vol. 8, pp. 1445–1460, Jan. 2021, doi: [10.1016/j.toxrep.2021.07.007](https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.07.007).
- [24] A. M. Hidayah, D. Tri, and R. Soeprbowati, "Biokonsentrasi Faktor Logam Berat Pb, Cd, Cr dan Cu pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linn.) di Karamba Danau Rawa Pening," vol. 16, no. 1, pp. 1–9, 2014.
- [25] P. D. Pinkey *et al.*, "Toxicity risks associated with heavy metals to fish species in the Transboundary River – Linked Ramsar Conservation Site of Tanguar Haor, Bangladesh," *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 269, Jan. 2024, doi: [10.1016/j.ecoenv.2023.115736](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115736).
- [26] J. P. S. A. Li. W. PESisir, S. A. Rohmah, I. Z. Salsabila, and R. A. Mafaza, "Article Review Bioakumulasi Logam Berat Merkuri(Hg) dan Kadmium(Cd) dalam Daging Ikan Lele Phyton (*Clarias Sp*) di Sungai Citarum Bioaccumulation of Heavy Metals Mercury
-

- (Hg) and Cadmium (Cd) in Meat of Phyton Catfish (*Clarias* Sp) in the Citarum River,” vol. 1. [Online]. Available: <https://journal.bengkuluinstitute.com/index.php/JEMMIES>
- [27] N. B. Saidon, R. Szabó, P. Budai, and J. Lehel, “Trophic transfer and biomagnification potential of environmental contaminants (heavy metals) in aquatic ecosystems,” *Environmental Pollution*, vol. 340. Elsevier Ltd, Jan. 2024. doi: [10.1016/j.envpol.2023.122815](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122815).
- [28] I. Hananingtyas, “Bahaya Kontaminasi Logam Berat Merkuri (Hg) dalam Ikan Laut dan Upaya Pencegahan Kontaminasi pada Manusia,” *alard*, vol. 2, no. 2, pp. 38–45, Mar. 2017, doi: [10.29080/alard.v2i2.120](https://doi.org/10.29080/alard.v2i2.120).
- [29] Herliwati, M. Rahman, A. S. Hidayat, U. Amri, and I. Sumantri, “The Occurrences of Heavy Metals in Water, Sediment and Wild Shrimps Caught from Barito Estuary, South Kalimantan, Indonesia,” *HAYATI Journal of Biosciences*, vol. 29, no. 5, pp. 643–647, Sep. 2022, doi: [10.4308/hjb.29.5.643-647](https://doi.org/10.4308/hjb.29.5.643-647).
- [30] B. Triswanto, M. A. Wibowo, and P. Ardiningsih, “A study of mercury pollution in water, sediment, and lais (*Kryptopterus*) fish in the Melawi watershed,” *Journal of Tropical Life Science*, vol. 10, no. 3, pp. 207–213, 2020, doi: [10.11594/jtls.10.03.04](https://doi.org/10.11594/jtls.10.03.04).
- [31] S. Hidayat, I. Suyatna, A. Rafii, and G. Ghitarina, “Heavy Metals Contents and Histopathological Analysis of Some Organs of Fish Obtained from Payau River, Anggana, Kutai Kartanegara, Indonesia,” *Journal of Wetlands Environmental Management*, vol. 8, no. 2, p. 148, Jul. 2020, doi: [10.20527/jwem.v8i2.217](https://doi.org/10.20527/jwem.v8i2.217).
- [32] S. Syarifah *et al.*, “The Potential of Moringa oleifera Extract Waste as Fe Adsorbent in South Sumatra, Indonesia,” *Biota*, vol. 9, no. 2, pp. 97–106, 2023, doi: [10.19109/Biota.v9i2.16664](https://doi.org/10.19109/Biota.v9i2.16664).
- [33] S. S. Maddusa, M. G. Paputungan, A. R. Syarifuddin, J. Maambuat, and G. Alla, “Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg), Zink (Zn) dan Arsen (As) Pada Ikan dan Air Sungai Tondano, Sulawesi Utara”, *Al-sihah*, vol. 9, no. 2, 1
- [34] L. F. Viana, C. A. L. Cardoso, M. S. B. Oliveira, S. E. Lima-Junior, F. Kummrow, and A. C. Florentino, “Metals bioaccumulation in fish captured from Araguari River upper section (Amazon biome), and risk assessment to human health resulting from their consumption,” *Journal of Trace Elements and Minerals*, vol. 7, p. 100111, Mar. 2024, doi: [10.1016/j.jtemin.2023.100111](https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2023.100111).
- [35] G. M. M. A. Hasan, M. A. Satter, A. K. Das, and M. Asif, “Detection of heavy metals in fish muscles of selected local fish varieties of the Shitalakshya River and probabilistic health risk assessment,” *Measurement: Food*, vol. 8, Nov. 2022, doi: [10.1016/j.meafao.2022.100065](https://doi.org/10.1016/j.meafao.2022.100065).
- [36] S. Hussain *et al.*, “Seasonal monitoring of River through heavy metal bioaccumulation and histopathological alterations in selected fish organs,” *Journal of King Saud University - Science*, vol. 33, no. 8, p. 101626, Dec. 2021, doi: [10.1016/j.jksus.2021.101626](https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101626).
- [37] A. Biswas, K. F. Kanon, M. A. Rahman, M. S. Alam, S. Ghosh, and M. A. Farid, “Assessment of human health hazard associated with heavy metal accumulation in popular freshwater, coastal and marine fishes from south-west region, Bangladesh,” *Heliyon*, vol. 9, no. 10, p. e20514, Oct. 2023, doi: [10.1016/j.heliyon.2023.e20514](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20514).
- [38] P. K. Maurya, D. S. Malik, K. K. Yadav, A. Kumar, S. Kumar, and H. Kamyab, “Bioaccumulation and potential sources of heavy metal contamination in fish species in River Ganga basin: Possible human health risks evaluation,” *Toxicology Reports*, vol. 6, pp. 472–481, Jan. 2019, doi: [10.1016/j.toxrep.2019.05.012](https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2019.05.012).
- [39] S. Mitra *et al.*, “Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity,” *Journal of King Saud University - Science*, vol. 34, no. 3, Apr. 2022, doi: [10.1016/j.jksus.2022.101865](https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.101865).