

Measurement of Lead content in *Channa striata* by using Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS)

Khairuddin^{1*}, M. Yamin¹, Kusmiyati¹, Prapti Sedijani¹

¹Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia;

Article History

Received : December 05th, 2025

Revised : December 20th, 2025

Accepted : December 30th, 2025

*Corresponding Author:

Khairuddin, Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia; Email:

khairuddin.fkip@unram.ac.id

Abstract: Research on heavy metals Pb is important to be done to protect consumers from dangerous impact, especially on human beings. The purpose of this study was to determine the Lead (Pb) content in Snakehead fish (*Channa striata*) taken from Rawa Taliwang Lake. Data collection for the Snakehead fish (*Channa striata*) species in this study was carried out in water bodies of Taliwang Lake area. There were 2 data collection stations, namely on the east and west parts of the lake. Gill nets were used to catch fish. Fish samples were caught as many as 4 fish for each station. The fish samples were then analyzed at the West Nusa Tenggara Health, Testing, and Calibration Laboratory Center. The data analysis method was carried out by taking muscle tissue from the fish and then analyzing the Pb heavy metal content using an Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS). Pb found in Snakehead fish in this research is 0,44 ppm. The benefit of this study is to protect consumers who consume Snakehead fish from Lead heavy metal contaminants. The concentration of Lead in fish tissue was measured after adding concentrated 10 ml HNO₃ and 2 ml H₂O₂ 30%. The conclusion of this study is that the heavy metal content of Pb in *Channa striata* is 0.44 ppm. Research on Pb heavy metal should be continued in order to protect consumers from metal contamination.

Keywords: Lead (Pb), Rawa Taliwang Lake, Snakehead fish.

Pendahuluan

Danau Rawa Taliwang (DRT) menerima air dari lingkungan sekitar yang memungkinkan bahan pencemar ikut masuk dalam danau. Di danau ini ditemukan berbagai jenis ikan, termasuk yang sangat melimpah yaitu ikan Gabus (*Channa striata*). Ikan gabus mudah ditemukan karena berada pada seluruh bagian dari danau baik di pinggir dan juga di bagian tengah danau. Danau Taliwang menjadi habitat yang cocok bagi ikan gabus karena adanya naungan dari tumbuhan yang menjadi tempat berlindung dari predator dan juga sebagai tempat berkembang biak. Luas danau Taliwang adalah 819,20 ha (BKSDA, 2015; Khairuddin *et al.*, 2021).

Ikan Gabus merupakan jenis ikan yang sangat mudah ditemukan didalam ekosistem air tawar. Ikan Gabus berperan penting dalam

ekosistem karena fungsinya sebagai predator dan ekalian dapat dijadikan bioindikator dalam ekosistem akuatik seperti danau. Meningkatnya pengaruh manusia melalui polusi logam berat selama bertahun-tahun telah menyebabkan penurunan keanekaragaman hayati perairan. Akibatnya, beberapa spesies ikan endemik terkemuka menjadi terancam (Khairuddin *et al.*, 2022). Memahami hal ini, perhatian terhadap logam berat atau penilaian jejak pada spesies ikan di sebagian besar lingkungan perairan semakin meningkat termasuk di Indonesia.

Famili Cyprinidae adalah famili ikan air tawar yang beragam di seluruh dunia. Spesies ikan dari famili Cyprinidae tersebut memiliki nilai ekonomi yang besar karena banyaknya protein dalam tubuhnya (Hossain *et al.*, 2022). Ciri utama logam berat adalah daya tariknya yang kuat terhadap jaringan biologis dan secara

umum mengalami akumulasi dari sistem biologis (Khairuddin *et al.*, 2024). Logam berat atau logam jejak adalah kelompok logam dan metaloid dengan kepadatan atom yang mencapai 4 g/cm³ atau 5 kali atau lebih dalam air (Amriani *et al.*, 2011). Logam beracun berlaku untuk semua bagian logam yang beracun dan mematikan bahkan dalam konsentrasi kecil dan terbuat dari berbagai sumber alami dan antropogenik (Alshkarchy *et al.*, 2021; Yadav *et al.*, 2017).

Retensi logam berat pada spesies ikan bergantung pada perilaku fisiologis yang ditemukan di berbagai jaringan berbagai ikan (Khairuddin *et al.*, 2022). Kadmium (Cd), kromium (Cr), timbal (Pb), seng (Zn), dan tembaga (Cu), yang dibutuhkan dalam jumlah sangat kecil untuk fungsi berbagai sistem biologis, adalah logam berat yang dianalisis dalam penelitian ini. Pb dan Cd diketahui memiliki efek buruk pada sistem biologis dan dapat menyebabkan masalah pernapasan (Maurya dan Malik, 2019). Ikan berada di ujung rantai makanan akuatik dan dapat mengakumulasi logam dan mentransmisikannya melalui makanan ke manusia, menyebabkan penyakit kronis atau akut. Di organ-organ penting seperti tulang, hati, dan ginjal, logam berat terakumulasi, mengakibatkan banyak dampak kesehatan yang parah seperti dampak karsinogenik dan neurotoksik. Setelah logam berat masuk ke dalam tubuh, logam tersebut akan berikatan dengan protein dan enzim, kemudian menstabilkan senyawa biotoksik (Khairuddin *et al.*, 2022).

Ekologi dan kesehatan manusia, esensialitas dan toksisitas tembaga dan timbal juga dilaporkan menimbulkan reaksi merugikan pada hati (Stern, 2010). Air sebaiknya bebas dari polusi karena ikan lebih sensitif terhadap polutan air. Air secara teoritis dapat tercemar oleh logam berat tersuspensi, nutrisi, dan padatan (Sultana *et al.*, 2020; Khairuddin *et al.*, 2021a). Sumber pencemaran bisa berasal dari pupuk, pestisida dan bahan bakar minyak. Dari sumber ini dapat memberi peluang munculnya bahan cemar Pb didalam kawasan perairan DRT (Khairuddin *et al.*, 2021b). Logam Pb pada kawasan perairan bisat tertangkap oleh berbagai flora air misalnya alga atau ganggang, dimakan oleh ikan dan selanjutnya akan mengalami penumpukkan atau akumulasi dalam jaringan atau organ ikan (Riani

et al., 2017; Khairuddin *et al.*, 2022). Dari berbagai riset melaporkan bahwa kandungan logam Hg, dan juga Pb bervariasi konsentrasinya dalam tubuh organisme. Murtini dan Rachmawati, (2007), melaporkan pada ikan Mujair dan ikan Gabus didapatkan kandungan Hg sebesar 6,68 ppb, dan Pb sebesar 1,60 ppb. Hasil penelitian Maddusa *et al.*, (2017), melaporkan bahwa kandungan Pb sebesar 11,01 ppm pada ikan Gabus 10,83 ppm pada ikan Mujair.

Berdasarkan hasil oservasi yang cermat yang telah diselenggarakan oleh penulis memberikan indikasi bahwa air dalam DRT mendapatkan sejumlah massa air yang masuk air dari lahan sawah dan lahan pertanian sekitar danau tersebut. Petani di lahan pertanian itu menggunakan pupuk kimia untuk mempercepat pertumbuhan tanaman pertanian dan mengaplikasikan herbisida dalam pemberantasan rumput atau gulma. Selain itu bahan beracun lain dimanfaatkan petani Adalah racun untuk membasmi jamur (fungisida) dan bahan racun untuk membunuh serangga (insektisida). Selain itu dari pengamatan yang sama ditemukan adanya gelondongan untuk pengolahan emas tradisional dari penambangan rakyat. Sebagai dampaknya adalah badan air danau senantiasa memperoleh beban dalam menerima logam pencemar setiap waktu.

Akumulasi logam berat Pb dapat terjadi pada plankton, ganggang, tanaman sayur-mayur seperti kangkung yang berada dalam ekosistem perairan (Septiani *et al.*, 2022). Mengingat terjadinya aktifitas untuk memakan dan/atau dimakan pada rantai makanan, maka logam timbal (Pb) dapat mengalami akumulasi didalam jaringan atau organ-organ ikan, termasuk ikan gabus. Berdasar uraian diatas, maka kegiatan yang cermat dalam bentuk penelitian sangat penting dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan informasi ilmiah tentang kadar logam Timbal didalam organ tubuh dan jaringan ikan Gabus (*Channa striata*).

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat

Kegiatan penelitian ini telah diselenggarakan pada bulan Mei dan bulan Juni tahun 2025. Penelitian dilaksanakan dalam badan air dalam area danau. Posisi topografi badan air

dalam danau menjadi hal yang dipertimbangkan untuk penentuan lokasi stasiun untuk tempat pengambilann data ikan. Data diambil di stasiun 1, berlokasi di sebelah barat danau dan stasiun 2, berlokasi di sebelah timur Danau Taliwang.

Desain penelitian

Ikan Gabus (*Channa striata*) yang dijaring yaitu ikan yang telah dewasa yang sudah berumur 5 atau 6 bulan. Populasi penelitian adalah mencakup semua ikan Gabus dewasa yang berada dalam perairan Danau Lebo. Metode purposive sampling Adalah metode yang dipergunakan dalam pengambilan sampel ikan Gabus. Ikan Gabus diambil masing-masing 4 ekor untuk masing-masing stasion penelitian. Selanjutnya sampel dimasukkan dalam plastik sampel dengan tujuan supaya ikan Gabus tetap didalam keadaan segar. Berikutnya semua sampel ikan Gabus ditaruh didalam kotak sampel. Ikan Gabus ditangkap dengan menggunakan jaring ikan (gill net), penempatan jaring dilakukan dengan memanfaatkan Global Position System (GPS). Adapun variabel yang dikaji dalam penelitian ini yaitu konsentrasi Timbal (Pb) pada otot ikan Gabus yang berasal dari DRT Kabuapten Sumbawa Barat.

Proses destruksi

Sisik dari sampel ikan Gabus dibuang, lalu dagingnya dicuci bersih dengan aquades. Tahap berikutnya menimbang sekitar 2,8 gram daging ikan Gabus yang sudah diblender halus sebagai sampel. Sampel 2,8 gram dimasukkan dalam tabung Erlenmeyer, kemudian menambahkan 10 ml HNO₃ dan 2 ml H₂O₂ 30%. Langkah berikutnya yaitu menambahkan aquades sebanyak 50 ml, lalu dipanaskan dengan mempergunakan hot plate sampai volume larutannya turun jadi 5 ml. Proses destruksi dihentikan larutan bening sudah terbentuk. Namun demikian kalua sampel masih terlihat keruh, maka diulangi kembali tahap destruksinya, yaitu dengan memberikan tambahan 5 ml HNO₃ dan 2 ml H₂O₂, ditambahkan aquades. Tahapan selanjutnya larutan disaring memakai membran filter selulosa ultra, lalu dituangkan kedalam tabung reaksi. Hasil destruksi tersebut berikutnya dipersiapkan untuk tahapan kurva kalibrasi (Zulfiah *et al.*, 2017).

Larutan standar kerja Timbal disisipkan

paling sedikit pada 5 titik konsentrasi. Larutan standar kerja beserta sampel kemudian dibaca pada peralatan Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, yaitu pada panjang gelombang 223,8. Larutan standar kerja Timbal disisipkan paling kurang 5 titik konsentrasi. Selanjutnya larutan standar kerja beserta sampel dibaca pada peralatan Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometry pada panjang gelombang 223,8. Langkah-langkah dalam pemanfaatan dan pengaturan pada peralatan Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) mencakup; Penggunaan RF Power sebesar 1,50 kW. aliran plasma 18 L/menit, laju alir nebulizer 1,25 L/menit, dan kecepatan pompa 7 rpm. Waktu pengambilan untuk setiap sampel yaitu 40 detik. Gas argon dipergunakan untuk bahan bakar nyala plasma dan gas hidrogen dipergunakan sebagai gas pembawa dengan laju alir 80 ml/menit (Silalahi dan Purwanti, 2021)

Analisis data

Data yang diperoleh adalah berupa kandungan Timbal pada sampel ikan Gabus dari yang diambil dari DRT yang dinyatakan dalam mg/kg). Satuan ini setara dengan parts per million (ppm). Selanjutnya data yang ada dilakukan pengolahan secara deskriptif yang dianalisis menggunakan metode Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS). Data tersebut selanjutnya diolah secara deskriptif dan sajiannya mempergunakan table atau grafik. Konsentrasi logam berat dihitung dengan menggunakan rumus (Mulyani *et al.*, 2012):

$$Cd = \frac{(a-b)}{w} \times V, \text{ dimana:}$$

K = Konsentrasi logam berat dalam sampel (mg/kg or ppm)

a = Nilai konsentrasi sampel dari hasil bacaan alat (mg/l)

b = Nilai konsentrasi blangko dari bacaan alat (mg/l)

V = Volume akhir dari larutan sampel (L)

w = Berat sampel (kg)

Hasil dan Pembahasan

Data tentang konsentrasi kandungan Timbal (Pb) yang terdapat dalam daging ikan

Gabus (*Channa striata*) yang berasal dari DRT disajikan dalam tabel 1. Lokasi 1, ulangan 1 (U-1) kadar Pb terbaca sebesar 0,45 ppm, sementara

pada ulangan 2 (U-2) terbaca 0,42 ppm. Hal yang sama terjadi pada stasiun 2, yaitu dengan hasil yang sama.

Tabel 1. Konsentrasi kandungan Timbal (Pb) yang terdapat dalam daging ikan Gabus berdasarkan hasil analisis laboratorium

No	Titik Sampel	Ulangan	Konsentrasi Pb pada ikan Gabus (ppm)
1	Lokasi 1	Ulangan 1	0,45
2		Ulangan 2	0,42
3	Lokasi 2	Ulangan 1	0,45
4		Ulangan 2	0,42

Sumber: Balai Laboratorium Kesehatan, Pengujian dan Kalibrasi NTB.

Kontaminasi logam berat dalam badan perairan mengalami peningkatan seiring dengan perkembangan yang terjadi dibidang industri. Salah satu jenis logam berat yang ada didalam limbah buangan industri yaitu timbal (Pb) yang memiliki sifat toksik untuk organisme akuatik (Siregar *et al.*, 2012). Logam berat Pb adalah logam yang secara umum tidak dibutuhkan oleh tubuh dan biasa disebut dengan logam non esensial (Agustina *et al.*, 2019). Pb dan logam berat non esensial lainnya memiliki sifat racun dan tidak mudah terurai sehingga memberikan efek yang bahaya bagi manusia dan lingkungan sekitar (Opasola *et al.*, 2019). Logam berat yang ada dan tersebar didalam ekosistem, dapat masuk kedalam tubuh makhluk hidup melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi dalam rantai makanan (Abubakar dan Adeshina, 2019). Pb termasuk ke golongan IV-A pada tabel periodik, dengan nomor atom 82 dan berat atom 207,2 (Siregar *et al.*, 2012). Timbal sering ditemukan pada berbagai industri seperti cat, perpipaan, pengelasan logam, baterai, keramik dan juga pada percetakan (Humairo dan Keman, 2017).

Akumulasi logam berat pada ikan Gabus terlacak dalam di organ hati dan organ insang (Yoga dan Sadi, 2016; Purnomo *et al.*, 2007). Peneliti lain, Zahro dan Suprpto, (2015) menemukan Cd sebesar 0,16 ppm dalam otot ikan Mujair. Ditemukan juga Cu sebesar 0,79 ppm dan Pb sebesar 0,22 ppm. Hasil kajian lain menemukan logam Cd sebanyak 84 ppb didalam tubuh ikan betok (Khairuddin *et al.*, 2022; Budiman *et al.*, 2021). Pada ikan Beloso ditemukan konsentrasi Pb (Sulistiono *et al.*, 2018; Septiana, 2024). Berdasar uraian-uraian diatas membuktikan bahwa ikan termasuk ikan Gabus mampu melakukan akumulasi logam berat didalam organ tubuhnya, misalnya logam timbal

(Pb) (Rahim *et al.*, 2022; Khairuddin *et al.*, 2021).

Ikan diketahui dapat mengabsorbsi logam berat Pb. Hal ini sesuai dengan penelitian Siregar *et al.*, (2012) yang melakukan percobaan pemaparan ikan mas dengan Pb dengan hasil konsentrasi Pb pada ikan meningkat seiring dengan lamanya pemaparan dan juga tingginya konsentrasi Pb yang diberikan. Pb dapat diabsorbsi dari badan air kedalam tubuh organisme melalui sejumlah membrane pada sel yang terdiri atas lapisan biomolekuler yang terbuat dari molekul lipid dengan molekul protein dan tersebar pada seluruh membran. Sesudah didalam sel, logam berat akan membentuk ikatan kompleks dengan ligan. Logam berat selanjutnya akan berikatan dengan banyak gugus, misal dengan gugus sulfhidril, hidroksil, karboksil, imidazole, dan amino dari protein. Ion-ion dari logam berat yang efektif akan berikatan dengan gugus sulfhidril. Prosedur kerja untuk reaksi dari logam dengan protein, secara umum menyerang ikatan sulfide. Akibat dari penyerangan ikatan sulfide yang senantiasa ada pada molekul protein bisa menyebabkan kerusakan protein terkait, yang pada akhirnya menyebabkan daya kerja jadi berkurang atau bahkan tidak bekerja sama sekali, keadaan seperti ini secara keseluruhan akan dapat merusak proses metabolisme dalam tubuh (Mirawati *et al.*, 2016).

Suatu perairan yang tinggi akan aktivitas industri seringkali terjadi pencemaran logam berat, namun beberapa kondisi justru menunjukkan sebaliknya. Hal ini terjadi karena terdapat vegetasi yang dapat mengabsorbsi logam berat. Eceng gondok dan kangkung air diketahui dapat mengabsorbsi Pb. Penelitian Siswoyo *et al.*, (2023) menunjukkan Eceng

gondok mampu menurunkan kadar Pb dalam air lindi TPA. Sistem constructed wetland dengan menggunakan tumbuhan Eceng gondok mampu menyerap kadar Pb dalam air lindi TPA Piyungan hingga 0,086 mg/l (akar) dan 0,020mg/l (daun) untuk waktu kontak 12 hari. Penelitian Tiro *et al.*, (2017) menunjukan bahwa tanaman atau sayuran berupa kangkung air (*Ipomoea aquatica*) bisa melakukan penyerapan logam Pb dengan hasil serapan yang bervariasi yaitu logam timbal (Pb) pada hari ke- 10 sebanyak 0,678 ppm, 20 sebanyak 0,554 ppm, 30 sebanyak 0,706 ppm, 40 sebanyak 0,670 ppm, dan 50 sebanyak 0,342 ppm. Rendahnya konsentrasi logam berat juga diakibatkan oleh adanya efek dari proses pengenceran oleh air hujan (Agustina *et al.*, 2019; Ali *et al.*, 2016).

Kadar polutan seperti logam berat dapat dipergunakan sebagai acuan berbagai indikator dalam menilai kualitas suatu perairan, karena kehadiran logam berat di lingkungan akuatik dapat berdampak langsung terhadap kehidupan organisme di dalamnya (Mirawati *et al.*, 2016; Solgi *et al.*, 2021). Logam berat yang masuk ke badan perairan akan mudah terdistribusi dan terserap oleh organisme, kemudian terakumulasi dalam jaringan tubuh sepanjang waktu (Azaman *et al.*, 2015). Timbal (Pb) menjadi salah satu logam berat yang sangat berbahaya karena termasuk unsur dengan berat molekul tinggi dan bersifat toksik bahkan dalam kadar rendah, sehingga dapat menimbulkan efek lethal maupun sublethal seperti gangguan pertumbuhan dan morfologi organisme akuatik (Ulumuddin dan Purnomo, 2022). Paparan Pb yang melebihi ambang batas dalam perairan akan menyebabkan penurunan kualitas lingkungan serta menimbulkan risiko kesehatan bagi makhluk hidup yang berinteraksi dengan air tersebut (Nasution *et al.*, 2011).

Sumber Pb di perairan umumnya berasal dari aktivitas antropogenik, salah satunya kegiatan transportasi yang menghasilkan emisi Pb dari bahan bakar yang selanjutnya terlepas ke atmosfer dan mengendap kembali ke badan air melalui presipitasi dan aliran permukaan (Putra *et al.*, 2022). Selain itu, menurut WHO, Pb bisa masuk ke lingkungan dan juga dalam tubuh manusia dari berbagai sumber lain misal udara tercemar, air minum yang dialirkan melalui pipa yang mengandung Pb, berbagai jenis baterai, macam-macam cat, berbagai jenis kosmetik,

beragam tinta cetak, peralatan pancing, peluru berbagai jenis senapan angin, bahan pennis, dan tanah yang terkontaminasi (Ahmad *et al.*, 2021). Masalah keracunan logam berat terutama melalui makanan semakin banyak ditemukan, dan diperkirakan terdapat sekitar 143.000 kasus kematian setiap tahun akibat paparan Pb, dengan sebagian besar terjadi di negara berkembang termasuk Indonesia, sehingga logam Pb menjadi isu kesehatan lingkungan yang penting untuk diperhatikan (Ariwibowo *et al.*, 2022).

Pb (Timbal) memiliki sifat toksik tinggi dan mudah terakumulasi di dalam jaringan organisme air, sehingga keberadaannya di lingkungan perairan dapat mengancam kelangsungan hidup biota akuatik, meningkatkan risiko mortalitas, serta mengganggu keseimbangan ekosistem (Rochyaton *et al.*, 2007). Pada manusia, konsumsi organisme air seperti ikan yang telah terkontaminasi Pb dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, antara lain anemia berat, terjadi kerusakan sistem saraf pusat, penurunan fungsi imun, gejala mual, serta kerusakan ginjal jika paparan terjadi dalam jangka panjang (Fahrudin *et al.*, 2020). Oleh karena itu, pemantauan kadar Pb pada perairan dan organisme akuatik penting dilakukan secara berkelanjutan sebagai langkah pencegahan terhadap bahaya kesehatan serta untuk menjaga kualitas perairan dan keamanan pangan Masyarakat (Rabajczyk *et al.*, 2011).

Timbal adalah logam non-esensial yang terdapat di lingkungan baik melalui proses alami maupun aktivitas masyarakat seperti industri dan penggunaan kendaraan bermesin yang menggunakan bahan bakar fosil. Timbal mampu berikatan dengan zat organik dan menumpuk di dasar perairan, terutama dalam sedimen sungai. Sebagian besar timbal, sekitar 95%, memiliki sifat anorganik dan memiliki kelarutan yang rendah dalam air. Karena timbal ada dalam bentuk partikel di udara, ia tidak mudah menguap. Logam berat ini masuk ke perairan melalui mekanisme adsorpsi dan pengenceran, lalu akhirnya tersimpan di substrat dasar. Timbal dapat bertahan lama dalam sedimen bahkan setelah sumber pencemarnya hilang. Timbal di dasar perairan juga dapat terangkat dan kembali tercampur ke dalam kolom air akibat proses pengadukan, seperti perubahan densitas, yang menyebabkan ion logam berat terlepas ke dalam perairan (Purwanto *et al.*, 2020). Salah

satu bioindikator pencemaran di lingkungan perairan adalah ikan. Jika dalam tubuh ikan ditemukan kadar logam yang tinggi dan melampaui batas normal yang ditetapkan (ambang batas baku mutu timbal dalam air adalah 0,03 ppm), maka dapat disimpulkan bahwa lingkungan tersebut telah tercemar logam berat dan kondisinya tidak sehat (Rahayu *et al.*, 2017).

Salah satu spesies organisme yang bisa dijadikan indikator pencemaran yaitu ikan, misalnya ikan Nila dan ikan Gabus. Ikan dapat berperan selaku bioindikator dalam ekosistem perairan karena memiliki sejumlah keunggulan, seperti toleransi yang luas terhadap kondisi lingkungan, memiliki kemampuan pertumbuhan yang baik, serta ketahanan terhadap mutu air dan bahkan terhadap penyakit. Kandungan logam berat pada bermacam jaringan dan organ ikan dapat secara langsung terpengaruh oleh tingkat kontaminan yang ada di lingkungan perairan, proses penyerapan, dan pengeliminasian didalam tubuh ikan. Selain itu, ikan ini mampu mengakumulasi logam berat dalam ototnya (Agustina *et al.*, 2020).

Penumpukkan logam berat didalam tubuh ikan terjadi akibat terjadinya kontak diantara ikan dengan media yang memiliki kandungan zat toksik. Paparan ini melibatkan perpindahan bahan kimia yang ada dalam lingkungan air kedalam organ atau ke permukaan tubuh dari ikan, seperti logam berat yang masuk lewat insang. Logam berat dapat memasuki tubuh organisme dalam lingkungan perairan melalui tiga jalur utama: yaitu melalui makanan dan insang, serta difusi melewati kulit (Rahayu *et al.*, 2017). Mengonsumsi ikan atau produk olahannya yang mengandung logam berat berisiko menyebabkan berbagai jenis penyakit, baik dalam waktu jangka pendek maupun waktu jangka panjang. Contohnya adalah gangguan saraf, kelumpuhan, serta cacat lahir pada bayi yang bisa muncul sebagai akibat dari paparan logam berat (Selmi *et al.*, 2019).

Logam berat dengan karakteristik mempunyai berat jenis yang lebih besar daripada berat jenis air cenderung bersifat mudah mengalami tenggelam. Namun, logam berat ini tidak langsung mengalami pengendapan begitu saja. Interaksi yang terjadi antara sedimen dengan kolom perairan diprediksi ikut mempengaruhi proses mengendapnya logam

berat, berikutnya menghasilkan aktivitas pendistribusian secara vertikal dari logam berat yang sangat beragam (Purwiyanto, 2015). Air yang sudah mengalami pencemaran oleh logam berat dengan konsentrasi tertentu (lethal concentration) tidak cocok dimanfaatkan untuk usaha pembudidayaan ikan. Pada kondisi dimana konsentrasi yang masih mampu ditoleransi oleh berbagai spesies ikan, air yang terkontaminasi oleh logam berat tetap berpotensi membahayakan karena siat dari logam berat tersebut mampu mengalami akumulasi didalam tubuh ikan dan menjadi risiko jika dimakan oleh manusia (Prasetyo, 2015).

Timbal termasuk dalam unsur logam berat dengan karakteristik yang sangat beracun dan banyak ditemukan sebagai polutan dalam lingkungan perairan, sehingga berpotensi mengganggu keseimbangan hidup organisme akuatik (Arkianti *et al.*, 2019). Masuknya Pb ke dalam ekosistem dapat mencemari perairan dan memberi dampak buruk terhadap biota akuatik. Konsentrasi timbal di lingkungan umumnya bergantung pada aktivitas manusia, misalnya di kawasan industri, jalur transportasi padat, maupun tempat pembuangan limbah. Timbal dimanfaatkan manusia dalam berbagai kebutuhan seperti pembuatan baterai, amunisi, berbagai produk logam (misalnya pipa, solder, dan lempengan logam), peralatan medis (seperti pelindung radiasi dan alat bedah), cat, keramik, serta bahan elektronik (misalnya papan sirkuit komputer), bahkan sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan nilai oktan pada bahan bakar. Peningkatan aktivitas industri di suatu kawasan merupakan salah satu penyebab tingginya kadar logam berat di lingkungan, salah satunya timbal (Pb) (Putra *et al.*, 2022; Agustina *et al.*, 2019).

Kehadiran logam berat dalam air dapat memengaruhi organisme perairan karena adanya kemampuan akumulasi logam dalam tubuh biota (Khairuddin *et al.*, 2022). Ikan sering digunakan sebagai indikator pencemaran logam berat, terutama apabila kandungan logam dalam jaringan tubuhnya telah melewati batas aman. Konsentrasi logam berat didalam tubuh ikan umumnya berhubungan dengan buangan limbah industri ke lingkungan perairan seperti danau, sungai, atau laut. Kadar logam yang masuk dan mengalami distribusi pada tubuh ikan dipengaruhi oleh jenis senyawa, konsentrasi

kontaminan, aktivitas mikroba, tekstur atau komposisi sedimen, dan spesies ikan. Pada umumnya, logam berat dapat masuk kedalam jaringan organisme melalui sistem pernapasan, pencernaan, atau melalui kontak kulit. Hampir semua logam berat dapat menjadi toksin berbahaya, namun merkuri dan timbal merupakan yang paling sering ditemukan pada lingkungan perairan (Wanna *et al.*, 2018).

Kadar logam berat dalam organisme air akan meningkat seiring waktu karena sifatnya yang dapat terakumulasi secara biologis, sehingga biota akuatik dapat digunakan sebagai indikator tingkat pencemaran dari logam berat didalam lingkungan (Khairuddin *et al.*, 2024). Timbal yang mencemari tambak pada akhirnya akan terdeteksi dalam jaringan ikan. Logam Pb yang masuk ke dalam perairan akan mengalami pengendapan pada sedimen, selanjutnya berpindah melalui rantai makanan, mulai dari plankton, zooplankton, hingga akhirnya dimakan oleh ikan (Khairuddin *et al.*, 2022). Ketika ikan tersebut dikonsumsi manusia, akumulasi timbal dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan seperti anemia, kerusakan sistem saraf, gangguan fungsi ginjal, masalah reproduksi, penurunan IQ, serta gangguan dalam proses penyerapan kalsium untuk pertumbuhan tulang (Hastuti dan Alfifah, 2024).

Logam berat Pb berada diatas batas yang ditentukan oleh BPOM. Konsentrasi logam berat di berbagai titik pengambilan sampel tidak jauh berbeda. Konsentrasi rata-rata logam berat berkisar antara 0,44 ppm. Ikan Gabus yang memiliki konsentrasi Pb diatas ambang diperbolehkan dalam otornya, jika konsumsi manusia, maka ikan tersebut berpotensi menyebabkan masalah kesehatan bagi konsumen (Khairuddin dan Yamin, 2025).

Konsumsi ikan global telah meningkat dalam beberapa tahun terakhir, karena ikan sebagai sumber protein hewani bagi manusia (Magna *et al.*, 2021). Selain menjadi sumber protein yang baik, ikan juga kaya akan vitamin, asam lemak tak jenuh, dan mineral esensial (Rajeshkumar dan Li, 2018). Namun demikian, beberapa bentuk aktivitas manusia telah menimbulkan ancaman signifikan terhadap habitat ikan dan ekologi perairan dalam beberapa tahun terakhir (Khairuddin *et al.*, 2024). Akibat pertumbuhan populasi yang pesat dan pembangunan industri, peningkatan pembuangan

limbah ke ekosistem perairan telah mengakibatkan peningkatan signifikan dalam kontaminasi logam. Logam-logam ini bersifat persisten dan tidak dapat terurai secara hayati di dalam ekosistem, yang mengakibatkan bioakumulasi logam pada biota perairan, termasuk ikan (Khairuddin *et al.*, 2022).

Logam berat memasuki rantai makanan akuatik melalui dua cara: langsung melalui saluran pencernaan ketika makanan dan air dikonsumsi dan secara tidak langsung melalui jalur non-diet, seperti insang dan otot (K. Khairuddin *et al.*, 2025). Akibatnya, konsentrasi logam berat yang ditemukan pada ikan cenderung berkorelasi dengan konsentrasi logam berat yang ditemukan di air dan sedimen habitat akuatik tempat mereka ditangkap, serta durasi paparan (Khairuddin *et al.*, 2022). Logam non-esensial misalnya timbal, kadmium, arsenik, dan merkuri dianggap sangat beracun, bahkan dalam jumlah yang sangat sedikit. Terdapat konsekuensi histopatologis dan fisiologis ketika proses metabolisme, penyimpanan, dan detoksifikasi suatu organisme tidak dapat menyeimbangkan penyerapannya.

Selain bersifat persisten dan beracun, logam nonesensial terakumulasi secara hayati dan diatur secara metabolik melalui berbagai mekanisme, termasuk ekskresi dan penyimpanan aktif (Maddussa *et al.*, 2017; Rochyatun *et al.*, 2005). Logam berat dapat menumpuk di dalam ikan dan organisme lain dalam jaring makanan, sampai ke manusia sehingga menyebabkan masalah kesehatan pada manusia, seperti gangguan kardiovaskular, ginjal, dan neurologis (Khairuddin *et al.*, 2021). Polusi lingkungan dan kerentanan ikan terhadap kontaminan logam berat terutama disebabkan oleh paparan sumber antropogenik, seperti pestisida pertanian dan rumah tangga, pupuk, emisi insinerator, emisi limbah kota atau lokal, serta operasi peleburan dan penambangan (Khairuddin *et al.*, 2022).

Permintaan terhadap produk makanan dari produk ikan meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dunia yang semakin cepat di abad ke-21 (Sapkota *et al.*, 2008). Produksi akuakultur terus tumbuh dari tahun ke tahun. Jika ikan budidaya dibesarkan di perairan yang terkontaminasi logam, mereka dapat mengakumulasi logam dari sedimen, air, dan pakan ikan, sehingga menimbulkan risiko kesehatan yang lebih besar bagi manusia yang

secara tidak sengaja mengonsumsi banyak ikan. Makanan ini dapat menjadi sumber logam berat dalam ekosistem perairan (Noviantika *et al.*, 2024). Makanan ikan yang terkontaminasi dapat mentransfer racun logam berat yang tidak dapat terurai secara hayati ke ikan di alam dan ikan hasil budidaya, yang kemudian dikonsumsi manusia (Khairuddin dan Yamin, 2025).

Di sepanjang danau Taliwang telah terjadi peningkatan fabrikasi logam pedesaan, gelondongan mas, pertanian, dan peternakan sapi dan unggas (Septiana *et al.*, 2024). Industri-industri ini terletak lebih dekat dengan danau. Limbah cair dari kegiatan industri ini dilepaskan, tanpa pengolahan apa pun, ke lingkungan terbuka. Limbah cair tersebut dibuang kembali ke kolom cekungan selama limpasan setelah hujan, mencemari seluruh ekosistem perairan. Meskipun beberapa logam yang dibuang ke air ini merupakan mikronutrien yang diperlukan, proporsinya yang tinggi dalam jaring makanan dapat menyebabkan toksisitas dan dampak lingkungan, sehingga membahayakan habitat perairan dan penggunaannya.

Selain itu, sekitar DRT, petani menerapkan pertanian intensif dan ekstensif serta memiliki beberapa fasilitas irigasi untuk budidaya tanaman dan sayuran non-musiman. Para petani telah menggunakan pestisida secara luas dan tidak diatur di seluruh daerah aliran sungai (DAS) untuk meningkatkan hasil panen dan meningkatkan margin keuntungan. Praktik-praktik ini melepaskan pestisida yang mengandung logam berat ke dalam areal danau selama limpasan, mencemari ekosistem dan mencemari organisme akuatik (Khairuddin *et al.*, 2024).

Konsentrasi Pb dalam tubuh ikan Gabus yang diperoleh dari DRT yaitu 0,44 ppm. Jenis ikan nila ini dapat memenuhi kebutuhan hidupnya pada badan air tawar misal pada daerah aliran sungai, dan badan air danau. Oleh sebab itu ikan Gabus dapat dijadikan indikator biologi untuk ekosistem perairan tawar seperti danau (Anggra *et al.*, 2013). Kadar Pb yang ditemukan ini sudah pada posisi diatas ambang yang diperbolehkan berdasarkan Keputusan Kepala Balai Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM) Nomor 9 Tahun 2022. Keputusan BPOM ini berhubungan dengan persyaratan Batas Maksimum Cemaran Logam didalam Pangan Olahan, yang berlaku terutama untuk

produk dari olahan ikan dengan batas 0,3 ppm.

Naiknya kandungan Pb dalam tubuh manusia, dapat memberi dampak negatif bagi karena sifat logam Pb yang bisa menyerang sistem saraf dan dengan mudah melakukan akumulasi didalam organ tubuh, baik pada laki-laki ataupun pada wanita (Sayow *et al.*, 2024; Soraya, 2012). Status kesehatan manusia bisa sampai pada taraf yang membahayakan, jika secara kontinu mengonsumsi siput yang telah mengalami kontaminasi oleh logam timbal (Notohadiprawiro, 2006; Khairuddin *et al.*, 2025). Kalau ada keadaan lingkungan mengalami perubahan, maka berikutnya kasus ini bisa memberi dampak yang negatif pada taraf yang signifikan pada phytoplankton seperti halnya ganggang dan jenis flora lainnya (Rochyatun dan Rozak, 2007; Khairuddin *et al.*, 2018). Hal itu ditimbulkan oleh sifat ganggang yang mampu merespon dengan cepat terhadap adanya lingkungan yang mengalami perubahan (Russell *et al.*, 2012; Solgi *et al.*, 2021). Pada kondisi yang umum, semua jenis flora punya sifat kepekaan yang lebih tinggi dengan adanya perubahan kondisi lingkungan kalau dibandingkan dengan fauna secara umum, baik pada organisme air dan darat termasuk manusia (Widowati *et al.*, 2008).

Logam timbal (Pb) dapat berasal dari alat-alat angkutan sekitar DRT. Timbal mudah terserap oleh tanaman air dan sedimen, yang pada akhirnya bisa menimbulkan kejadian yang memberikan efek yang berbahaya bagi masyarakat, kalau timbal yang ada dalam sedimen bisa memasuki trofik rantai makanan dan/atau jaring-jaring makanan. Unsur logam berat termasuk timbal bisa diserap oleh ganggang dan selanjutnya dimakan oleh hewan pemakan tumbuhan atau herbivora (Khairuddin *et al.*, 2022; Moodley *et al.*, 2021). Timbal bisa masuk dalam tubuh manusia melewati rantai makanan, contohnya dari siput sawah atau ikan nila yang telah terpapar oleh timbal (Setiati *et al.*, 2021). Setiap organisme memiliki kepekaan yang berbeda pada logam berat. Demikian juga dengan kepekaan organisme terhadap logam timbal bisa sangat bervariasi sifatnya antara satu organisme dengan organisme yang lain (Agustina, 2010).

Kesimpulan

Atas dasar hasil analisis dan pembahasan

diatas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa: Terdapat kandungan konsentrasi logam Timbal (Pb) dalam otot ikan Gabus (*Channa striata*) yang diambil dari Danau Rawa Taliwang yaitu sebesar rata 0,44 ppm. Dengan mengacu pada Keputusan BPOM nomor 9 tahun 2022, maka konsentrasi yang ditemukan sudah berada diatas batas yang diijinkan yaitu sebesar 0,3 ppm.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih yang setinggi-tingginya kami ucapkan kepada berbagai pihak dengan bantuan yang diberikannya. Pelaksanaan dan pembiayaan penelitian, antara peneliti dan LPPM Unram ditandai dengan dokumen kontrak, yang bernomor: 3039/UN18.L.1/PP/2025. Peneliti menyampaikan ucapan terima kasih kepada Rektor Universitas Mataram selaku pimpinan tertinggi. Selanjutnya terima kasih juga ditujukan pada ketua LPPM Unram atas bantuan, monitoring dan perhatian yang telah diberikan. Kepada Dekan FKIP Unram juga diucapkan terima kasih. Tidak lupa juga terima kasih disampaikan kepada mahasiswa yang secara langsung memberikan kontribusi pada pengambilan dan analisis data, serta dalam penulisan laporan penelitian.

Referensi

Abubakar, M. I., & Adeshina, I. 2019. Heavy metals contamination in the tissues of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) Obtained from Two earthen dams (Asa and University of Ilorin Dams) in Kwara State of Nigeria. *Harran Univ Vet Fak Derg*, 8(1), 26–32. DOI: <https://doi.org/10.31196/huvfd.590900>

Agustina, D. Suprpto, and S. Febrianto, "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)*, vol. 8, no. 3, pp. 242-249, Jul. 2019. <https://doi.org/10.14710/marj.v8i3.24262>

Agustina, T. 2010. Kontaminasi Logam Berat pada Makanan dan Dampaknya Pada Kesehatan Jurnal TEKNOBUGA, 2(1), 53 – 65. DOI: <https://doi.org/10.15294/teknobuga.v1i1.6405>

Ahmad, K., dan Rahman, H. (2020). Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Sedimen Dan Air Di Sungai Jeneberang Kota Makassar. *Window of Public Juornal*, 2(5), 884-851. DOI:10.33096/woph.v2i3.335

Ali, M. M., Ali, M. L., Islam, M. S., Rahman, M. Z. (2016). Preliminary assessment of heavy metals in water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 5(1), 27-35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2016.01.002>

Alshkarchy, S.S.; Raesen, A.K.; and Najim, S.M. 2021. Effect of heavy metals on physiological and histological status in liver of common carp *Cyprinus carpio*, reared in cages and wild in the Euphrates River, Babil / Iraq. *5ISCESD 2021. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 779 (2021) 012066, doi:10.1088/1755-1315/779/1/012066.

Amriani., Hendarto.B., dan Hadiyanto, A. 2011. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Seng (Zn) Pada Kerang Darah (*Anadara Granosa* L.) Dan Kerang Bakau (*Polymesoda Bengalensis* L.) Di Perairan Teluk Kendari . *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Vol 9 (2): 45-50. <https://doi.org/10.14710/jil.9.2.45-50>

Anggra, A., Muslim., Muslimin, B. 2013. Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Larva Ikan Betok (*Anabas testudineus*) yang Diberi Pelet dengan Dosis Berbeda. *Jurnal Fiseries* Volume II no. 1 [21 -25], ISSN 2301-4172. https://www.academia.edu/76563746/Kelangsungan_Hidup_Dan_Pertumbuhan_Larva_Ikan_Betok_Anabas_Testudineus_Yang_Di_Beri_Pelet_Dengan_Dosis_Berbeda

Arkianti, N., Dewi, N. K., & Tri Martuti, N. K. (2019). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan di Sungai Lamat Kabupaten

- Magelang. *Life Science*, 8(1), 65–74. DOI <https://doi.org/10.15294/lifesci.v8i1.29998>
- Aribowo, A. I., Annisa, B. N., Sary, N. V., Nurfadhila, L., & Utami, M. R. (2022). Analisis cemaran logam berat timbal (Pb) pada makanan dan minuman: Studi literatur. *Jurnal Penelitian Farmasi & Herbal*, 5(1), 86-98. DOI:10.36656/jpfh.v5i1.1038
- Azaman A, Juahir H, Yunus K, Azida A., Kamarudin MKA, dan Toriman ME, 2015. Heavy metal in fish: analysis & human health- A review. *Jurnal Teknologi*, 77(1), 61–69. DOI:10.11113/jt.v77.4182
- BKSDA, 2015. *Buku Informasi Kawasan Konservasi Nusa Tenggara Barat*. Mataram: Balai KSDA Nusa Tenggara Barat.
- Budiman, T.P., Dhahiyat, Y., dan Hamdani, H. 2012. Bioakumulasi logam berat Pb (Timbal) dan Cd (Kadmium) pada daging ikan yang tertangkap di Sungai Citarum Hulu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. Vol 3 No. 4 Desember 2015: 261-270. <https://journal.unpad.ac.id/jpk/article/view/2569>
- Fahrudin, F., & Santosa, S. (2020). Toleransi logam berat timbal (Pb) pada bakteri indigenous dari air laut Pelabuhan Paotere, Makassar (Heavy metal lead [Pb] tolerance of indigenous bacteria from Seawater in Paotere Port, Makassar). *JASM*, 8(1), 8-14. <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jasm/index>
- Hastuti, E., & Alfifah, Y. (2024). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal Pada Ikan Bandeng yang Dibudidayakan Di Tambak Kota Semarang. *JKM (Jurnal Kesehatan Masyarakat) Cendekia Utama*, 12(1), 42-53. DOI: 10.31596/jkm.v12i1.1649
- Hossain, M.B.; Tanjin, F.; Rahman, M.S.; Yu, J.; Akhter, S.; Noman, M. A.; dan Sun, J. 2022. Metals Bioaccumulation in 15 Commonly Consumed Fishes from the Lower Meghna River and Adjacent Areas of Bangladesh and Associated Human Health Hazards. *Toxics* 2022, 10, 139. <https://doi.org/10.3390/toxics10030139>: [1-18].
- Humairo, M.V dan S. Keman. 2017. Kadar timbal darah dan keluhan sistem syaraf pusat pada pekerja percetakan Unipress Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 9(1) : 48 – 56. DOI: <https://doi.org/10.20473/jkl.v9i1.2017.48-56>
- Khairuddin, Yamin, M., dan Abdul Syukur, 2018. Analisis Kandungan Logam Berat pada Tumbuhan Mangrove Sebagai Bioindikator di Teluk Bima. *Jurnal Biologi Tropis*, Januari-Juni 2018: Volume 18 (1) p-ISSN: 1411-9587 e-ISSN: 2549-7863: [69-79]. DOI: 10.29303/jbt.v18i1.731
- Khairuddin, M. Yamin, dan Kusmiyati. 2021. Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Bandeng (*Chanos chanos* Forsk) yang Berasal Dari Kampung Melayu Kota Bima. *J. Pijar MIPA*, Vol. 16 No.1, Januari 2021: [97-102]. DOI: 10.29303/jpm.v16i1.2257
- Khairuddin, Yamin, M., Kusmiyati dan Zulkifli., L. 2021a. Pengenalan Tentang Model Akumulasi Logam Berat Hg dan Cd dalam Jaringan MakhluK Hidup Melalui Pelatihan pada Siswa MTsN 1 Kota Bima. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, Vol. 4 no. 4. [232-240]. <https://doi.org/10.29303/jpmipi.v4i4.1102>
- Khairuddin, Yamin, M.; dan Kusmiyati, 2021b. Analysis of Cd and Cu Heavy Metal Content in Climbing perch (*Anabas testudineus*) Derived from Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(1) : DOI : <http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v22i1.3105> : [186 – 193].
- Khairuddin, Yamin. M and Kusmiyati. 2022. Analysis of Cd and Cu Heavy Metal Content in Climbing perch (*Anabas testudineus*) Derived from Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency, *Jurnal Biologi Tropis*, Vol. 22 No.1: [186 – 193]. <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i1.3105>
- Khairuddin, Yamin, M., dan Kusmiyati. 2024. Analysis of The Heavy Metal Cd Content in Ricefield Eel from Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(4), 1961–1968. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i4.7516>

- Khairuddin dan M. Yamin, 2025. Analisis of Lead Content in Rice Snail from Taliwang Lake. *Jurnal Biologi Tropis*, 25 (1): 1214 – 1222 DOI: <http://doi.org/10.29303/jbt.v25i1.8810>
- K. Khairuddin, M. Yamin, and K. Kusmiyati. 2025. “Analysis of Mercury Heavy Metal Content in Climbing perch fish (*Anabas testudineus*) from Rawa Taliwang Lake”, *J. Pijar.MIPA*, vol. 20, no. 4, pp. 725–730, Jun. 2025. <https://doi.org/10.29303/jpm.v20i4.7054>
- Maddusa, S.P., Paputungan, M.G., Syarifuddin, A.R., Maambuat, J., dan Alla, G. 2017. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg), Zink (Zn) dan Arsen (As) pada Ikan dan Air Sungai Tondano, Sulawesi Utara. *Jurnal AL-SIHAH : (Public HealthScience Journal)*, Volume 9, No. 2, Juli-Desember 2017 : 153-159. DOI: <https://doi.org/10.24252/as.v9i2.3766>
- Magna, E.K., Koranteng, S.S., Donkor, A., dan Gordon, C. 2021. Health Risk Assessment and Levels of Heavy Metals in Farmed Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) from the Volta Basin of Ghana. *Journal of Chemistry* Volume 2021, Article ID 2273327, <https://doi.org/10.1155/2021/2273327>
- Moodley, R., Mahlangeni, N.T., dan Reddy, P. 2021. Determination of heavy metals in selected fish species and seawater from the South Durban Industrial Basin, KwaZulu-Natal, South Africa. *Environ Monit Assess* (2021). <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09014-0> : [193-206].
- Mulyani, S; Triani, I.G.A Lani; Sujana E.N, Arief. Identifikasi Cemar Logam Pb Dan Cd Pada Kangkung Yang Ditanam Di Daerah Kota Denpasar. *Bumi Lestari*, [S.l.], v. 12, n. 2, Aug. 2012. ISSN 2527-6158: <https://jurnal.harianregional.com/blje/id-4853>
- Murtini, J.T dan Rachmawati, N. 2007. Kandungan Logam pada Ikan, Air dan Sedimen di Waduk Saguling Jawa Barat. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan* Vol. 2 No. 2 Desember, 2007: 153-159. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v2i2.459>
- Maurya, P.K. and Malik, D.S., 2019. Bioaccumulation of heavy metals in tissues of selected fish species from Ganga River, India, and risk assessment for human health. *Human and Ecological Risk Assessment*, vol. 25, no. 4, pp. 905-923. <http://dx.doi.org/10.1080/10807039.2018.1456897>.
- Mirawati, F., Supriyanti, E., & Nuraini, R. A. T. (2016). Kandungan logam berat timbal (Pb) pada air, sedimen, dan kerang hijau (*Perna viridis*) di perairan Trimulyo dan Mangunharjo Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 5(2), 121-126. DOI: <https://doi.org/10.14710/buloma.v5i2.15731>
- Nasution, S., & Siska, M. 2011. Kandungan logam berat Timbal (Pb) pada sedimen dan siput *Strombus canarium* di Perairan Pantai Pulau Bintan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 5(02), 82-93. <https://festiva.ejournal.unri.ac.id/index.php/JIL/article/view/355>
- Notohadiprawiro, T. 2006. Logam berat dalam Tanah. https://scholar.google.com/scholar?q=logam+berat+pencemar+dalam+bivalvia&btnG=&hl=id&as_sdt=0%2C5&as_vis=1, [7-4-2016]
- Noviantika, D., Khairuddin, K., & Yamin, M. (2024). Measurement of Heavy Metal Mercury (Hg) Content in The Swamp Eel (*Monopterus albus*) as a Bioindicator from Lake Rawa Taliwang. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(4), 1640–1647. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i4.7324>
- Opasola, O. A., Adeolu, A. T., Iyanda, A. Y., Adewoye, S. O., & Olawale, S. A. (2019). Bioaccumulation of heavy metals by *Clarias gariepinus* (African Catfish) in Asa River , Ilorin , Kwara State. *Journal of Health & Pollution*, 9(21), 1–10. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PM6421952/>
- Prasetyono, E. (2015). Kemampuan kompos dalam menurunkan kandungan logam berat timbal (Pb) pada media budidaya ikan. *Jurnal Akuatika*, 6(1). ISSN 0853-2532.

- <https://media.neliti.com/media/publications/245163-kemampuan-kompos-dalam-menurunkan-kandun-c97fe9c4.pdf>
- Purnomo, T. M., & Muchyiddin. 2007. Analisis kandungan timbal (Pb) pada ikan bandeng (*chanos chanos* Forsk.) di tambak Kecamatan Gresik. *Jurnal Neptunus*, 1(14), 68 - 77. <https://ojs.petra.ac.id/ojsnew/index.php/next/article/view/16838>
- Purwanto, A. I., Prihatmo, G., & Pakpahan, S. (2020). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Ikan Bawal (*Colossoma macropomum*) di Sungai Winongo, Yogyakarta. *SCISCITATIO: Journal for Biological Science*, 1(2), 70-78. <https://www.scribd.com/document/768799764/Heavy-Metal-Lead-on-Oreochromis-niloticus-and-Colossoma-macropomum-in-Winongo-River-Yogyakarta>
- Purwiyanto, A. I. S. (2015). Distribusi dan adsorpsi logam timbal (Pb) di muara sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *Indonesian Journal of Marine Sciences*, 20(3), 153-162. doi:10.14710/ik.ijms.20.3.153-162
- Putra, M. D. N., Widada, S., & Atmodjo, W. (2022). Studi kandungan logam berat timbal (Pb) pada sedimen dasar di Perairan Banjir Kanal Timur Semarang. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(3), 13-21. DOI:10.14710/ijoce.v4i3.13398
- Rabajczyk, A., Jóźwiak, M.A., Jóźwiak, M., dan Kozłowski, R. 2011. Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Zn, Cr) in Bottom Sediments and the Recultivation of Kielce Lake. *Polish J. of Environ. Stud.* Vol. 20, No. 4 (2011), 1013-1019. https://www.pjoes.com/pdf-88646-22505?filename=Heavy%20Metals%20Cd_%20Pb_%20Cu_.pdf
- Rahayu, N. I., Rosmaidar, R., Hanafiah, M., Karmil, T. F., Helmi, T. Z., & Daud, R. (2017). Pengaruh paparan timbal (Pb) terhadap laju pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner*, 1(4), 658-665. <https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=597886&val=9405&title=PENGARUH%20PAPARAN%20TIMBAL%20Pb%20TERHADAP%20LAJU%20>
- Rahim, S.W., Sriramadani, N., Kudsiah, H., Suwarni., Nadiarti., dan Yanuarita, D. 2022. Analysis of lead (Pb) and cadmium (Cd) concentration in Tawes Fish *Barbonymus gonionotus* (Bleeker, 1850) in Lakes of Tempe, Sidenreng and Lapompakka, South Sulawesi. The 5th International Marine and Fisheries Symposium (ISMF 2022) IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1119 (2022) 012087. IOP Publishing, doi:10.1088/1755-1315/1119/1/012087.
- Rajeshkumar, S dan Li, X. 2018. Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China Sivakumar. *Toxicology Reports* 5 (2018) 288–295. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.01.007>
- Riani, E; Johari, H.S; dan Cordova, M. R, 2017. Kontaminasi Pb Dan Cd Pada Ikan Bandeng *Chanos Chanos* Yang Dibudidayakan Di Kepulauan Seribu, Jakarta. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 9, No. 1: 235-246. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v9i1.17938>
- Rochyatun, E; Kaisupy M.T; dan Rozak, A. 2005. Distribusi Logam Berat Dalam Air Dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Jurnal Makara, Sains, Vol. 10, No. 1, April 2006: 35-40.* <https://doi.org/10.7454/mss.v10i1.151>
- Rochyatun, E dan Rozak, A. 2007. Pemantauan Kadar Logam Berat Dalam Sedimen Di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Makara, Sains, Vol. 11, No. 1, April 2007: 28-36.* DOI:10.7454/mss.v11i1.228
- Russell, D. J.; Thuesen, P. A.; Thomson, F. E. 2012. *A review of the biology, ecology, distribution and control of Mozambique tilapia, Oreochromis mossambicus (Peters 1852) (Pisces: Cichlidae) with particular emphasis on invasive Australian populations*". *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 22 (3): [533–554]. doi:10.1007/s11160-011-9249-z. ISSN 1573-5184.
- Sapkota, A., Sapkota, R., dan Kucharski, M. 2008. "Aquaculture practices and potential human health risks: current knowledge and

- future priorities,” *Environment International*, vol. 34, no. 8, pp. 1215–1226. DOI: [10.1016/j.envint.2008.04.009](https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.04.009)
- Sayow, F., Polii, V.J.V., dan Sinolungan, M.T.M. 2024. Analisis Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg), Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Pada Air, Sedimen Dan Tanaman Eeng Gondok (*Eichornia crassipes*) Di Danau Tondano. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan* VOLUME 5 NOMOR 1 Janunari-Juni 2024, <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/samrat-agrotek> [156-167]. e_ISSN:2797-0647.
- Selmi, S., Wiharto, M., & Patang, P. (2019). Analisis Air, Substrat Tanah dan Cemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Pada Waduk Tunggu Pampang Kelurahan Bitoa, Kota Makassar. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5(2). DOI: [10.26858/jptp.v5i2.9626](https://doi.org/10.26858/jptp.v5i2.9626)
- Septiana, A., Khairuddin, & Yamin, M. 2024. Analysis of Heavy Metal Cadmium (Cd) Content in Snakehead Fish (*Channa striata*) from Lake Rawa Taliwang. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(3), 1349–1355. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i3.7323>
- Septiani, W; Khairuddin., dan Yamin, M. 2022. The Evidence of Cadmium (Cd) Heavy Metal in South Asian Apple snail (*Pila ampullacea*) on The Batu Kuta Village Narmada District. *Jurnal Biologi Tropis*, 22 (2): 339 – 344. DOI: [10.29303/jbt.v22i2.2586](https://doi.org/10.29303/jbt.v22i2.2586)
- Setiati, N ., Partaya;, Ngabekti, S;, Priyono, B;, dan Rabiha, S. 2021. Characteristics of productive broodstock based on body length and gonad histology of eel (*Monopterus albus*) in Semarang. *Journal of Physics: Conference Series* 1918 (2021) 052036 IOP Publishing doi:[10.1088/1742-6596/1918/5/052036](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/5/052036).
- Silalahi, E. M., & Purwanti, E., (2021). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Produk Olahan Susu. *Food Scientia: Journal of Food Science and Technology*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.33830/fsj.v1i1.1455.2021>
- Siregar, Y. I., Zamri, A., & Putra, H. (2012). Penyerapan timbal (Pb) pada sistim organ ikan mas (*Cyprinus carpio* L). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 6(1), 43-51. <https://www.academia.edu/download/94035074/356.pdf>
- Siswoyo, E., Novriyanto, N., & Kasam, K. (2023). Penyerapan logam berat timbal (Pb) air lindi tempat pemrosesan akhir (TPA) oleh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam sistem constructed wetland. *Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 7(3), 76-81. DOI: <https://doi.org/10.20885/ajie.vol7.iss3.art1>
- Solgi, E dan Mirmohammadvali, S. 2021. Comparison of the Heavy Metals, Copper, Iron, Magnesium, Nickel, and Zinc Between Muscle and Gills of Four Benthic Fish Species from Shif Island (Iran). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* (2021) 106: [658–664]. <https://doi.org/10.1007/s00128-021-03155-1>
- Soraya, Y. (2012). Pengaruh temperatur terhadap akumulasi dan depurasi tembaga (Cu) serta kadmium (Cd) pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*). (<http://www.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/2012/07/25309305-Yara-Soraya.pdf>)
- Stern, B.R., 2010. Essentiality and toxicity in copper health risk assessment: overview, update and regulatory considerations. *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part A*, vol. 73, no. 2-3, pp. 114-127. <http://dx.doi.org/10.1080/15287390903337100>. PMID:20077283.
- Sulistiono, Irawati, Y., dan Batu. D.T.F. 2018. Kandungan Logam Berat pada Ikan Beloso (*Glosogobius giuris*) di Perairan Segara Anakan Bagian Timur, Cilacap, Jawa Tengah, Indonesia. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 21(3): 423-432. <https://core.ac.uk/download/pdf/200958754.pdf>
- Sultana, S., Jabeen, F., Sultana, T., Al-Ghanim, K.A., Al-Misned, F. And Mahboob, S., 2020. Assessment of heavy metals and its impact on DNA fragmentation in different fish species. *Brazilian Journal of Biology*

- = Revista Brasileira de Biologia, vol. 80, no. 4, pp. 823-828. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.221849>.
- Tiro, L. L., Isa, I., & Iyabu, H. (2017). Potensi tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*) Sebagai Bioabsorpsi Logam Pb dan Cu. *Jurnal Entropi*, 12(1). <https://media.neliti.com/media/publications/277663-potensi-tanaman-kangkung-air-ipomoea-aqu-dd1f6f7e.pdf>
- Ulumudin, MM, & Purnomo, T. (2022). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Tumbuhan Papyrus (*Cyperus papyrus* L.) di Sungai Wangi Pasuruan. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 11 (2), 273-283. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/lentera-bio/index>
- Wanna M, Yanto S, Kadirman K. 2018. Analisis Kualitas Air dan Cemaran Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Ikan di Kanal Daerah Hertasning Kota Makassar. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian* 3: 197. ISSN Online 2407-6279. DOI: <http://dx.doi.org/10.31850/jgt.v10i3.799>
- Yoga, G.P dan Sadi, N.H. 2016. Kajian Awal Rute Paparan Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) pada Ikan Gabus di Danau Sentani Provinsi Papua. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan MLI 2015*. Jakarta. <http://opac.lib.unlam.ac.id/id/opac/detail.php?q1=571.95&q2=Wah&q3=E&q4=->
- Yadav, K.K., Gupta, N., Kumar, V. And Singh, K.J., 2017. Bioremediation of heavy metals from contaminated sites using potential species: a review. *Indian Journal of Environmental Protection*, vol. 37, no. 1, pp. 65-84. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.256071>
- Yoga, G. P., dan Sadi, N. H, 2016. Kajian Awal Rute Paparan Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) pada Ikan Gabus di Danau Sentani Provinsi Papua. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan MLI 2015*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12690/RIN/D5ZEQU>. <https://hdl.handle.net/20.500.12690/RIN/D5ZEQU>
- Zahro, A.F., dan Suprpto. 2015. Penentuan Timbal (Pb), Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) Dalam Nugget Ikan Gabus (*Channa Striata*)-Rumput Laut (*Eucheuma Spinosum*). *Jurnal Sains dan Seni Its* Vol. 4, No.2, (2015) 2337-3520: C57- C62. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v4i2.9569>
- Zulfiah, A., Seniwati, S., & Sukmawati, S., 2017. Analisis Kadar Timbal (Pb), Seng (Zn) Dan Tembaga (Cu) Pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forsk.) Yang Berasal Dari Labbakkang Kab. Pangkep Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *As-Syifaa Jurnal Farmasi*, 9(1), 85-91. <https://jurnal.farmasi.umi.ac.id/index.php/as-syifaa/article/view/257>