

Analysis of Cadmium (Cd) Heavy Metals Using Bioindicator Climbing perch fish (*Anabas testudineus*) Derived from Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency 2025

M. Rozi Zarkasy, Khairuddin*, M. Yamin

Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Mataram, Indonesia

Article History

Received : April 02th, 2025

Revised : May 05th, 2025

Accepted : May 16th, 2025

*Corresponding Author:

Khairuddin,

Program Studi Pendidikan

Biologi FKIP Universitas

Mataram, Mataram, Nusa

Tenggara Barat, Indonesia

Email:

khairuddin.fkip@unram.ac.id

Abstract: Fish is one of the aquatic biota that can be used as a bioindicator of river pollution by determining the content of heavy metals in the fish's body. The purpose of this study was to analyze the heavy metal content of cadmium (Cd) from climbing perch fish (*Anabas testudineus*) derived from Lake Rawa Taliwang, West Sumbawa Regency 2025. This study was conducted from January to March. Sampling was carried out using the purposive sampling method. Samples were taken as many as 2 fish at each station using a gill net. The species of fish taken were climbing perch fish that were ready to be harvested. Then the samples were analyzed at the NTB Health, Testing and Calibration Laboratory Center. Data analysis was carried out by taking climbing perch fish meat and then analyzing the heavy metal content in it using the Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) method. The results of the analysis showed that the heavy metal content of cadmium in climbing perch fish originating from Lake Rawa Taliwang ranged from 0.026 mg/kg (ppm) to 0.035 mg/kg (ppm). These results indicate that the Taliwang swamp lake is polluted by cadmium, but the cadmium content of climbing perch fish is still below the threshold based on the limit set by the Food and Drug Supervisory Agency (BPOM) No. 9 of 2022 concerning the Maximum Limit of Cadmium Heavy Metal Contamination in processed fish, which is 0.30 mg/kg.

Keywords: Cadmium; Climbing perch fish; Rawa Taliwang Lake

Pendahuluan

Masalah pencemaran lingkungan merupakan masalah semua makhluk hidup di bumi. Salah satu pencemar yang menyebabkan rusaknya tatanan lingkungan hidup yaitu limbah yang mengandung logam berat. Pencemaran logam berat dapat ditemukan dalam badan air dan juga dalam bentuk padatan yang terdapat dalam perairan seperti sedimen (Budiastuti *et al.*, 2016). Logam berat bisa terakumulasi melalui rantai makanan, semakin tinggi level rantai makanan yang terlibat oleh makhluk hidup, pengumpulan logam berat di dalam tubuhnya juga berkembang. Dengan demikian manusia adalah puncak utama yang akan melalui proses bioakumulasi logam berat yang besar di tubuhnya (Wamaulana *et al.*, 2022).

Ikan adalah salah satu biota air yang dapat digunakan sebagai bioindikator pencemaran air sungai dengan menentukan kandungan logam berat di dalam tubuh ikan (Sitompul *et al.*, 2013). Ikan betok adalah salah satu jenis ikan air tawar yang banyak ditemukan dalam Danau Rawa Taliwang (Shoalichin *et al.*, 2022). Sebagai ikan predator pemakan segala (omnivora) yang cenderung karnivora, ikan betok sangat mudah terkontaminasi oleh berbagai bahan berbahaya melalui makanannya. Sehingga ikan betok dapat menjadi bioindikator bagi ekosistem yang ada (Khairuddin *et al.*, 2022).

Proses masuknya logam berat ke dalam tubuh ikan melalui beberapa proses antara lain biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi. Biokonsentrasi merupakan

proses masuknya logam berat melalui kontak biota dengan air yang tercemar melalui insang dan kulit. Sedangkan bioakumulasi merupakan penumpukan yang terjadi secara terus menerus pada organ tubuh biota dari lingkungannya kemudian biomagnifikasi adalah masuknya zat kimia dari lingkungan melalui rantai makanan yang pada akhirnya tingkat konsentrasi zat kimia di dalam organisme sangat tinggi dan lebih tinggi dari bioakumulasi (Septya & Pauzi, 2024), apabila ikan yang terakumulasi logam berat dikonsumsi oleh manusia, maka logam berat tersebut dapat terakumulasi dalam tubuh manusia. Dan logam berat yang telah melebihi ambang batas yang ditetapkan dapat membahayakan kehidupan manusia (Cahyani *et al.*, 2016).

Kawasan Danau Rawa Taliwang merupakan perairan air tawar yang terletak di Kabupaten Sumbawa Barat yang oleh masyarakat sekitar disebut Danau Lebo dengan luas wilayah 819,20 ha. Wahyuni & Mildranaya (2010) menyatakan sejarah kawasan ini ditetapkan sebagai Taman Wisata Alam berdasarkan Surat Keputusan Menteri No. 589/Menhut-II/2009 tanggal 2 Oktober 2009 dikeluarkan seluas 819,20 ha tentang penetapan Kawasan Hutan dan Kawasan Konservasi Perairan di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Secara geografis Danau Lebo terletak di antara garis lintang 8°34'0"LS dan 116°13'0"BT dengan jenis tanah regosol dan litosol dan topografi berbukit sampai bergunung dengan ketinggian 200-400 mdpl. Iklim kawasan Danau Rawa Taliwang termasuk ke dalam tipe D, rata-rata curah hujan pada kisaran 1826 mm – 1934 mm per tahun. Pada umumnya hujan di kawasan Taliwang mulai turun pada Bulan November hingga Mei. Pada tahun 2000 hujan sebanyak 116 hari dengan curah hujan 3343 mm. Suhu rata-rata bervariasi dari 22,33°C sampai dengan 26,61°C, tekanan udara 1009 mbs – 1012 mbs (Pulungan & Wahyuni, 2021).

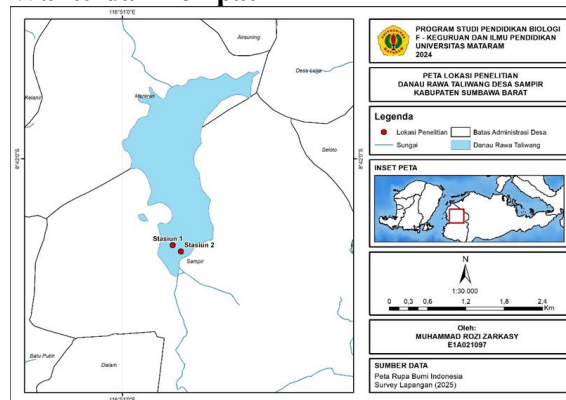
Kota Taliwang juga memiliki potensi emas yang melimpah menyebabkan banyaknya kegiatan pertambangan emas ilegal terutama di sebagian perbukitan di sekitar Danau Rawa Taliwang. Hal tersebut tentu berpengaruh terhadap tingkat pencemaran air dan organisme yang hidup di danau tersebut dikarenakan sisa-sisa merkuri dan logam berat lainnya yang

digunakan dalam pengolahan bebatuan untuk memperoleh emas dapat terbawa air permukaan dan masuk ke Danau Rawa Taliwang. Hal ini menandakan bahwa badan air seperti sungai merupakan lokasi yang berpotensi untuk ditemukan kandungan kadmium. Padahal sungai merupakan salah satu sumber daya air yang sangat penting bagi kehidupan manusia (Khairuddin *et al.*, 2016). Apabila manusia memakan ikan yang terpapar logam berat kadmium berlangsung dalam rentang waktu yang lama dapat menimbulkan keracunan/toksik, dan pada akhirnya akan merusak ginjal dan juga tulang manusia (Khairuddin *et al.*, 2021).

Kadmium adalah salah satu jenis logam berat yang dapat ditemukan di Alam. Jenis logam berat ini memiliki nilai toksisitas yang sangat tinggi bagi manusia, sehingga tingkat maksimum yang diperbolehkan di perairan menurut PP No 82 Tahun 2001 Tentang Kualitas Air yaitu 0,01 mg/L (Legiarsi *et al.*, 2022). Adapun batasan kadar logam berat kadmium pada ikan dan produk olahan ikan menurut BPOM yaitu 0,30 mg/kg.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Danau Rawa Taliwang. Lokasi stasiun penelitian ditentukan atas pertimbangan topografi yaitu stasiun 1 berada di titik koordinat 8°42'44.0" Lintang Selatan 116°51'25.6" Bujur timur dan stasiun 2 berada di titik koordinat 8°42'47.2" Lintang Selatan dan 116°51'29.8" Bujur Timur. Penelitian dilakukan selama bulan Januari-Maret. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode

purposive sampling. Sampel diambil sebanyak 2 ekor pada setiap stasiun, kriteria ikan betok yang diambil untuk dijadikan sampel adalah ikan betok yang berumur sekitar 3 hingga 4 bulan dengan berat 190– 280 gr/ekor dengan panjang ikan sekitar 12-15 cm. Selanjutnya sampel disimpan dalam kotak sampel kemudian dianalisis di Balai Laboratorium Kesehatan, Pengujian dan Kalibrasi NTB.

Pengolahan Data

Variabel yang diteliti pada penelitian ini adalah kandungan kadmium pada ikan betok yang diambil dari Danau Rawa Taliwang Kabupaten Sumbawa Barat. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat peralatan lapangan dan alat laboratorium. Alat lapangan yang digunakan adalah Ph meter, thermometer, salinometer, *Global Position System* (GPS), kamera, jaring ikan, cool box dan alat tulis. Alat laboratorium yang digunakan adalah tabung reaksi, tabung erlenmayer, blender, neraca analitik, corong bucher, bucher flask, pompa vakum, kertas saring, *hot plate*, labu ukur, pipet ukur, cawan petri dan seperangkat alat *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry* (ICP-MS).

Pengambilan ikan diambil menggunakan jaring *gill net*. Keadaan lingkungan dicatat dengan bantuan alat rekam elektronik untuk pengukuran pH, suhu, dan salinitas air. Ikan betok yang tertangkap pada jaring ikan selanjutnya dianalisis di Balai Laboratorium Kesehatan Pengujian dan Kalibrasi (BLKPK) Provinsi NTB.

Proses Destruksi

Sampel ikan betok dibersihkan dari sisiknya kemudian dicuci menggunakan aquades. Daging ikan yang sudah halus kemudian ditimbang sekitar 2,8 gram dalam tabung erlenmayer kemudian dicatat hasil timbangannya. Ikan betok yang sudah dicuci kemudian diblender dan diambil dagingnya. Sampel 2 gram yang sudah ditimbang ditambahkan 10 ml HNO₃ dan 2 ml H₂O₂ 30%. Kemudian tambahkan aquades 50ml. Panaskan menggunakan *hot plate* sampai volume larutan berkurang menjadi 5 ml. Jika telah berbentuk larutan bening hentikan proses destruksi. Jika sampel masih keruh, ulangi kembali destruksi dgn menambahkan 5 ml HNO₃ dan 2 ml H₂O₂. Tambahkan aquades. Larutan selanjutnya disaring menggunakan membran

filter selulosa ultra dan dituangkan ke tabung reaksi. Hasil destruksi kemudian disiapkan untuk tahap kurva kalibrasi.

Larutan standar kerja kadmium disisipkan minimal 5 titik konsentrasi. Larutan standar kerja dan sampel dibaca pada alat *Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometry* pada panjang gelombang 223,8. Larutan standar kerja kadmium disisipkan minimal 5 titik konsentrasi. Larutan standar kerja dan sampel dibaca pada alat *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry* pada panjang gelombang 223,8.

Menurut Silalahi & Purwanti, (2021), tahapan dalam penggunaan dan pengaturan alat *Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometry* (ICP-MS) meliputi Menggunakan RF Power sebesar 1,50 kW. Aliran plasma 18 L/menit, Laju alir nebulizer 1,25 L/menit. Kecepatan pompa 7 rpm. Waktu pengambilan setiap sampel 40 detik. Gas argon digunakan sebagai bahan bakar nyala plasma dan gas hidrogen sebagai gas pembawa dengan laju alir 80 ml/menit.

Analisis Data

Data yang didapatkan berupa kandungan kadmium pada sampel ikan betok dari Danau Rawa Taliwang yang dinyatakan dalam milligram/kilogram (mg/kg), tau parts per million (ppm). Data yang diperoleh diolah secara deskriptif yang dianalisis menggunakan metode *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry* (ICP-MS). Data yang diperoleh dinarasikan secara deskriptif dalam bentuk tabel dan grafik kemudian dibandingkan dengan standar Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM) No.5 Tahun 2018 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Olahan Pangan. Adapun rumus untuk menentukan konsentrasi kadmium dalam mg/kg setelah didapatkan hasil dari alat ICP-MS yaitu;

$$\text{Konsentrasi Cd} = \frac{(a-b)}{w} \times V \quad (1)$$

Keterangan :

K= kadar logam berat pada sampel (mg/kg atau ppm)

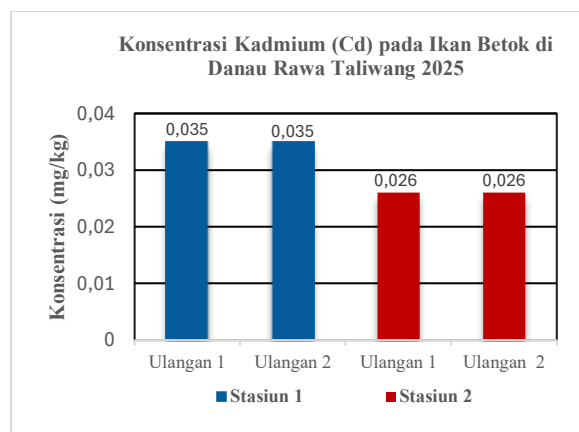
a= nilai konsentrasi sampel dari hasil bacaan ICP-MS (mg/l)

b= nilai konsentrasi blanko hasil bacaan ICP-MS (mg/l)

V= Volume akhir larutan sampel (ml)

w= berat sampel (g)

Hasil dan Pembahasan



Gambar 2. Grafik Konsentrasi Cd pada Ikan Betok dari Danau Rawa Taliwang

Hasil Uji Balai Laboratorium Kesehatan, Pengujian dan Kalibrasi (BLKPK) Provinsi NTB menunjukkan bahwa kandungan logam berat kadmium pada daging ikan betok yang berasal dari Danau Rawa Taliwang berkisar antara 0,026 mg/kg sampai 0,035 mg/kg sehingga didapatkan rata-rata sebesar 0,0305 mg/kg. Berdasarkan hasil tersebut, kandungan kadmium pada ikan betok dari Danau Rawa Taliwang masih berada di bawah batas yang ditetapkan oleh Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM) No. 9 Tahun 2022 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat kadmium dalam olahan ikan yaitu sebesar 0,30 mg/kg. Adanya kandungan kadmium pada daging ikan betok menunjukkan bahwa Danau Rawa Taliwang sudah terkontaminasi oleh logam berat kadmium.

Sumber Kadmium di Danau Rawa Taliwang

Kandungan kadmium di Danau Rawa Taliwang berasal dari kegiatan pertambangan ilegal dan kegiatan pertanian di sekitar danau. Terdapat pertambangan emas di Desa Lamunga dan Soloto Kecamatan Taliwang. Pertambangan tersebut belum memiliki izin sehingga prosedur dan proses pembuangan limbahnya berpotensi tinggi dalam meningkatkan konsentrasi kadmium di Danau Rawa Taliwang. Pertambangan emas ilegal sering kali tidak terkontrol sehingga tidak disadari memberikan dampak pencemaran sisa buangan pertambangan yang berbahaya, karena masih mengandung logam berat lainnya yang memiliki sifat toksik yang tinggi. Salah satu logam berat yang banyak

terkandung dalam buangan limbah pertambangan adalah logam berat kadmium (Cd), terutama terdapat dalam tailing dan air asam tambang (Fahrudin *et al.*, 2020). Banyaknya kegiatan pertambangan emas ilegal terutama di sebagian perbukitan di sekitar Danau Rawa Taliwang Hal tersebut tentu berpengaruh terhadap tingkat pencemaran air dan organisme yang hidup di danau tersebut dikarenakan limbah dalam pengolahan bebatuan untuk memperoleh emas dapat terbawa air permukaan dan masuk ke Danau Rawa Taliwang.

Kegiatan pertanian juga berpotensi dalam peningkatan kadmium di Danau Rawa Taliwang (Khairuddin *et al.*, 2018). Pupuk merupakan salah satu sumber kontaminan kadmium dari sektor pertanian. Kegiatan pertanian seperti pemberian pupuk anorganik dan organik secara terus menerus meningkatkan kandungan kontaminan dalam tanah, antara lain logam berat kadmium (Harsanti, 2018). Kebiasaan para petani disekitar Danau Rawa Taliwang yang menggunakan pupuk, fungisida, insektisida, herbisida, dan jenis racun lain pada lahan pertanian tersebut mengandung logam berat yang dapat terakumulasi pada badan air danau terutama pada musim hujan (Khairuddin, 2022).

Kelayakan Konsumsi Ikan Betok di Danau Rawa Taliwang

Batas maksimum kandungan kadmium yang ditetapkan berdasarkan peraturan BPOM No 9 tahun 2022 yakni 0,30 mg/Kg untuk produk olahan ikan. Hasil temuan kadmium di dalam daging ikan betok di Danau Rawa Taliwang masih aman untuk dikonsumsi namun akan berdampak pada kesehatan apabila dikonsumsi secara terus menerus. Menurut Liline & Rumahlatu (2019) yang menganalisis kandungan kadmium pada keong meskipun tingkat akumulasi logam berat kadmium dalam keong masih berada di tingkat aman, nilai tersebut perlu untuk di waspadai karena keong yang sudah terakumulasi oleh logam kadmium kemudian jika dikonsumsi oleh manusia maka logam yang terakumulasi dalam keong tersebut akan ikut terakumulasi ke dalam tubuh manusia jika dikonsumsi oleh manusia dalam jangka waktu panjang akan menyebabkan keracunan kronis yang ditandai dengan kerusakan ginjal dan kerusakan sistem saraf.

Bahaya Kadmium Bagi Kesehatan

Logam berat sangat berbahaya apabila masuk ke dalam tubuh karena dapat terakumulasi dan tidak bisa didegradasi. Kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena elemen ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah, Kadmium berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal (Palar, 2012). Bahaya kandungan kadmium apabila dikonsumsi dapat bersifat akut maupun kronis. Keracunan akut menyebabkan gejala berupa gangguan saluran pernapasan, mual, muntah, kepala pusing dan sakit pinggang (Vianne *et al.*, 2017) Sedangkan efek kronis dapat terjadi pada ginjal, paru-paru, tulang, darah dan system reproduksi (Safitri, 2015).

Studi pada manusia dan hewan telah menunjukkan bahwa tulang adalah target sensitive dari toksisitas kadmium. Kadmium bekerja melalui mekanisme langsung dan tidak langsung, yang dapat menyebabkan penurunan kepadatan mineral tulang dan peningkatan patah tulang. Studi pada hewan muda menunjukkan bahwa kadmium menghambat aktivitas osteoblastik, menghasilkan penurunan sintesis matriks organik tulang dan mineralisasi. Penurunan aktivitas osteoblastik juga dapat mempengaruhi aktivitas osteoklastik yang menyebabkan peningkatan resorpsi tulang. Selama pertumbuhan tulang yang intens, efek pada osteoblas mengakibatkan penurunan pembentukan tulang setelah maturitas tulang, paparan kadmium menyebabkan peningkatan resorpsi tulang. Kerusakan ginjal akibat kadmium juga dapat mengakibatkan efek sekunder pada tulang. Hasil studi jugamembuktikan bahwa anak-anak lebih rentan terhadap kehilangan kepadatan tulang dan penurunan kekuatan tulang akibat paparan kadmium (Harahap *et al.*, 2022).

Pengaruh Parameter Lingkungan

Menurut Sari *et al.*, (2017), kondisi tentang nilai konsentrasi logam berat dapat berubah diakibatkan oleh adanya perubahan arus, suhu, salinitas, pH, kekuatan ionic, jumlah dan jenis bahan pencemar, serta kedalaman. Data pengukuran parameter lingkungan yang dilakukan saat penelitian yakni pengukuran suhu, pH, dan salinitas.

Tabel 1. Kualitas lingkungan di lokasi penelitian

No	Lokasi	Suhu	pH	Salinitas (ppt)
1	Stasiun 1	29	7.9	0.5
2	Stasiun 2	29	7.9	0.5

Hasil pengukuran suhu di danau Rawa Taliwang masih dalam taraf normal sesuai standar mutu kualitas air menurut Menteri Lingkungan Hidup Tahun 2004. Dari hasil penelitian Masriadi, *et al.*, (2019) yang menganalisis laju distribusi cemaran kadmium di perairan sungai Jeneberang Kabupaten Gowa di dapat bahwa suhu di Sungai tersebut berkisar anatar 26-30°C, setelah menganalisis koefesien determinan (R^2) = 0,311 menunjukkan pengaruh kadmium terhadap suhu sebesar 31,1%. Hasil pengukuran pH di danau Rawa Taliwang ysesuai dengan pedoman baku mutu lingkungan menurut Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor : 51 Tahun 2004 yang menyatakan pH normal berkisar antara 6,5-8,5. Menurut Testi *et al.*, (2019) ukuran tersebut tidak berpengaruh pada toksisitas logam berat pada perairan. Hal tersebut disebabkan logam berat akan membentuk senyawa kompleks dengan senyawa lain pada ukuran pH lebih dari 9. Hasil pengukuran saliinitas di danau Rawa Taliwang sangat rendah. Salinitas di perairan dapat mempengaruhi tingkat akumulasi logam berat dalam perairan, dimana semakin rendah salinitas di perairan akumulasi logam berat di perairan akan semakin meingkat (Wardani *et al.*, 2014). salinitas dipengaruhi oleh faktor pola sirkulasi air, evaporasi, curah hujan dan aliran Sungai (Sophia *et al.*, 2022).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan menggunakan *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry* (ICP-MS), konsentrasi kadmium pada ikan betok yang berasal dari danau Rawa Taliwang adalah 0,0305 mg/kg. Konsentrasi kadmium pada ikan betok tersebut masih berada di ambang batas cemaran logam dalam makanan berdasarkan peraturan BPOM no 9 tahun 2022. Hal tersebut menjadikan ikan betok yang diambil dari danau Rawa Taliwang masih layak untuk dikonsumsi namun akan tetap berbahaya apabila dikonsumsi secara terus menerus karena akan terakumulasi didalam tubuh.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak BLKPK Provinsi Nusa Tenggara Barat dan dosen FKIP Universitas Mataram atas bimbingan dan ilmu selama proses penelitian.

Referensi

- Budiastuti, P., Rahadjo, M., & Dewanti, N., (2016). Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal Di Badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4(5), 119–118.
http://ejournals1.undip.ac.id/index.php/jk_m
- Cahyani N., Djamar T. F., dan Sulistion, (2016). Kandungan Logam Berat Pb, Hg, Cd, dan Cu Pada Daging Ikan Rejung (*Sillago sihama*) di Estuari Sungai Donan, Cilacap, Jawa Tengah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 19(3),267-276. Retrieved from <https://shorturl.asia/gMbk2>
- Fahrudin, F., Kasim, S., & Rahayu, E. U., (2020). Cadmium (Cd) Resistance of Isolate Bacteria from Poboya Gold Mining in Palu, Central Sulawesi. *Jurnal Biologi Tropis*, 20(2),298–304.
<https://doi.org/10.29303/jbt.v20i2.2013>
- Harahap, A. A. F., Khairunnisa, K., & Novalia, V., (2022). Analisis Unsur Logam Berat Kadmium pada Kerang Darah di Pasar Tradisional Kota Lhokseumawe. *Glosains: Jurnal Sains Global Indonesia*, 3(2), 79–86.
<https://doi.org/10.36418/glosains.v3i2.83>
- Harsanti, A. W. dan E. S., (2018). Konsentrasi Kadmium (Cd) Dalam Gabah Padi dan Tanah Sawah Tadah Hujan Akibat Pemberian Pupuk Secara Rutin. *Jurnal Ecolab*,12(1), 12–19. DOI: <https://doi.org/10.20886/jklh.2018.12.1.12-19>
- Khairuddin, K., Yamin, M., & Kusmiyati, K., (2021). Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Bandeng (*Chanos chanos forsk*) yang Berasal dari Kampung Melayu Kota Bima. *Jurnal Pijar Mipa*, 16(1), 97–102.
<https://doi.org/10.29303/jpm.v16i1.2257>
- Khairuddin, K., Yamin, M., & Kusmiyati, K., (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*, 22(1), 186–193.
<https://doi.org/10.29303/jbt.v22i1.3105>
- Khairuddin, Yamin M., & Syukur, A. (2016). Analisis kualitas air Kali Ancar dengan menggunakan bioindikator makroinvertebrata. *Jurnal Biologi Tropis*. 16 (2):10-22. DOI: [10.29303/jbt.v16i2.220](https://doi.org/10.29303/jbt.v16i2.220)
- Khairuddin, Yamin, M., Syukur, A., & Mahrus (2018). Penyuluhan Tentang Dampak Logam Berat pada Manusia di SMAN 1 Woha Bima Tahun 2017. *Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat*, 1 (2), 190-194. DOI: [10.29303/jppm.v1i2.843](https://doi.org/10.29303/jppm.v1i2.843)
- Legiarsi, K., Khairuddin, K., & Yamin, M., (2022). Analysis of Cadmium (Cd) Heavy Metal Content in Headsnake Fish (*Channa striata*) Derived from Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency 2021. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(2), 595–601.
<https://doi.org/10.29303/jbt.v22i2.3509>
- Liline, S., & Rumahlatu, D. (2019). Bioaccumulation of heavy metals (Cd, Pb, and Hg) in wawo worms (Polychaeta, Annelida) from Ambon Coastal Waters, Indonesia. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, 48(12), 1881-1887.
- Masriadi, Patang, & Ernawati., (2019). Analisis Laju Distribusi Cemaran Kadmium (Cd) di Perairan Sungai Jeneberang Kabupaten Gowa. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5(2), 14 – 25.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0A>
- Palar, 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT. Rineka Cipta
- Pulungan, A. F., & Wahyuni, S., (2021). Analisis Kandungan Logam Kadmium (Cd) Dalam Air Minum Isi Ulang (AMIU) di Kota Lhokseumawe, ACEH. *AVERROUS: Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan Malikussaleh*, 7(1), 75.
<https://doi.org/10.29103/averrous.v7i1.3666>
- Safitri, Feela Zaki., (2015). Tingkat Efek Kesehatan Lingkungan Kandungan

- Logam Berat Kadmium (Cd) dalam Kerang Hijau (*Perna viridis*) yang dikonsumsi Masyarakat Kaliadem Muara Angke Jakarta Utara Tahun 2015 (SKRIPSI) Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Sari, S. H. J., Kirana, J. F. A., & Guntur, G., (2017). Analisis Kandungan Logam Berat Hg dan Cu Terlarut di Perairan Pesisir Wonorejo, Pantai Timur Surabaya. *Jurnal Pendidikan Geografi: Kajian, Teori, dan Praktek dalam Bidang Pendidikan dan Ilmu Geografi*, 22(1), 1-9. <http://dx.doi.org/10.17977/um017v22i12017p001>
- Septya, L., & Pauzi, R. Y., (2024). Potensi dan Ancaman Kesehatan Masyarakat Kalimantan dari Bioakumulasi Logam Berat pada Ikan Sungai. Review. *Journal of Biotropical Research and Nature Technology*, 2(2), 93–102. DOI: <https://doi.org/10.52850/borneo.v2i2.12763>
- Shoalichin, L. M., Khairuddin, K., & Yamin, M., (2022). Analisis of lead (Pb) Heavy Metal Content in Climbing Perch Fish (*Anabas testudineus*) Derived from Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency 2021. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(3), 834–839. <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i3.3923>
- 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>
- Sitompul, R. M., Barus, T. A., & Ilyas, S., (2013). Ikan Batak (*Neolissochillus sumatranus*) Sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) di Perairan Sungai Asahan Sumatera Utara Ikan Batak (*Neolissochillus sumatranus*). *J. Biosains Unimed*, 1(2), 67–76. <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/42100>
- Sophia N. M. F., Krisostomus R., Silvanus M. S., Alfrianti P., (2022). Analisis Kandungan Timbal (Pb) Pada Perairan Pantai Desa Kupa Kupa, Kecamatan Tobelo Selatan, Kabupaten Halmahera Utara. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis*, 6(2), 126–133. <https://doi.org/10.29244/jppt.v6i2.43894>
- Testi, E. H., Soenardjo, N., & Pramesti, R., (2019). Logam Pb pada *Avicennia marina* Forssk, 1844 (Angiosperms: Acanthaceae) di Lingkungan Air, Sedimen, di Pesisir Timur Semarang. *Journal of Marine Research*, 8(2), 211–217. <https://doi.org/10.14710/jmr.v8i2.25212>
- Vianne, M. S. A., Yusniar. H. D., & Hanan. L. D., (2017). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kandungan Kadmium (Cd) Dalam Ikan Bandeng Di Kawasan Tambak Lorok Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5(5), 724–732. <https://jurnal.umpalembang.ac.id/sylv/article/view/893/790>
- Wahyuni Tri E., Mildranaya Eri., (2010). *Panduan Wisata Alam di Kawasan Konservasi Nusa Tenggara Barat*. Mataram: Balai KSDA NTB.
- Wamaulana, F., Hasyimuddin, H., & Fakhruddin, A., (2022). Analisis logam berat kadmium (Cd) pada sampel pangan segar asal tumbuhan (PSAT) di BBKP Makassar. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 2(2), 53–58. <https://doi.org/10.24252/filogeni.v2i2.29379>
- Wardani D. A. K., Dewi N. K., Utami N. R., (2014). Akumulasi logam berat timbal (Pb) pada daging kerang hijau (*Perna viridis*) di Muara Sungai Banjir Kanal Barat Semarang. *Unnes Journal of Life Science*. 3(1):1-8. <http://lib.unnes.ac.id/id/eprint/32967>