

Analysis of Cadmium (Cd) Heavy Metal Content in Mosambique Tilapia Fish (*Oreochromis mossambicus*) Derived from Rawa Taliwang Lake to Enrich Ecotoxicology Lecture Material in 2022

Alda Saputri^{1*}, Khairuddin¹, M. Yamin¹

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

Article History

Received : February 02th, 2023

Revised : March 18th, 2023

Accepted : April 15th, 2023

*Corresponding Author:

Alda Saputri,

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

Email:

saputrialda751@gmail.com

Abstract: Rawa Taliwang Lake is used as a tourist spot, recreation, irrigation of agricultural land and fishing grounds by local fishermen. Increased community activity around the lake causes heavy metal pollution to enter the waters. The purpose of this study was to determine the levels of cadmium (Cd) in mosambique tilapia fish from Rawa Taliwang Lake thus enrich ecotoxicology lecture material and find out whether mosambique tilapia fish from Rawa Taliwang Lake is still safe for consumption based on the Food and Drug Control Agency (BPOM) Regulation No. 9 of 2022 concerning requirements for heavy metal contamination in food processing. Sampling used a purposive sampling method and analysis of cadmium using Atomic Absorption Spectrophotometer. The results showed that the concentration of cadmium heavy metal in mosambique tilapia fish 0,1977 mg/kg and it is still safe for consumption by the public because it still below 0,30 mg/kg. Suggested further research regarding analysis of metals in various types of fish and fish body tissues such as kidneys, liver and gills as a comparison.

Keywords: Cadmium (Cd), Mosambique Tilapia, Rawa Taliwang Lake.

Pendahuluan

Menurut UU No. 32 Tahun 2009 pencemaran lingkungan merupakan masuk atau dimasukkannya organisme, benda, energi atau unsur lainnya akibat aktivitas manusia sehingga melebihi baku mutu lingkungan yang sudah ditetapkan (Prabowo *et al.*, 2016). Salah satu jenis pencemaran yang masuk kedalam perairan adalah pencemaran logam berat. Logam berat memiliki massa jenis lebih dari 5 gr/cm³. Logam berat memiliki sifat yang sulit di degradasi, mudah terlarut dalam air, sedimen dan mudah terakumulasi pada tubuh organisme. Adanya logam berat di lingkungan dapat berasal dari alam seperti erosi, partikel/debu logam di udara maupun akibat kegiatan manusia (Syaifullah *et al.*, 2018).

Kadmium merupakan logam berat yang bersifat toksik yang tidak dibutuhkan oleh tubuh (Istarani & Ellina, 2014). Dampak terpapar logam kadmium menyebabkan kerusakan sistem fisiologis, sistem pernapasan, sistem peredaran

darah dan jantung, sistem reproduksi, sistem saraf, ginjal serta osteoporosis (Sasongko *et al.*, 2017). Selain berasal dari alam, cemaran logam juga akibat kegiatan pertambangan, industri maupun kegiatan pertanian. Hal ini sejalan menurut pendapat Khairuddin *et al.*, (2018) kebiasaan petani menggunakan pupuk, herbisida, fungisida dan insektisida dapat memberikan kontribusi pencemaran logam kadmium. Selain itu pencemaran logam kadmium berasal dari tumpahan solar nelayan (Azhar *et al.*, 2012)

Danau Rawa Taliwang berada di Sumbawa Barat Nusa Tenggara Barat memiliki luas danau 819,20 hektar (Kawirian *et al.*, 2018). Letak danau berada antara garis 8°40'54" sampai 8°43'9" LS dan 116°50'52" sampai 116°55'27" BT (Legiarsi *et al.*, 2022). Danau Rawa Taliwang dimanfaatkan oleh masyarakat untuk tempat pariwisata, rekreasi, areal penangkapan ikan dan sumber air irigasi lahan pertanian (Khairuddin *et al.*, 2022). Penurunan kualitas perairan Danau Rawa Taliwang diakibatkan oleh kegiatan masyarakat sekitar danau seperti kegiatan

pertanian, pertambangan dan kegiatan rumah tangga. Petani sekitar masih menggunakan pupuk, herbisida dan fungisida (Khairuddin *et al.*, 2022). Selain itu banyak ditemukan pertambangan ilegal diperbukitan sekitar Danau Rawa Taliwang (wahyuni 2019). Limbah dari kegiatan tersebut masuk kedalam perairan dibawa oleh aliran air dan bermuara di danau menyebabkan organisme perairan terpapar pencemaran logam berat.

Ikan adalah hewan air yang mempunyai pergerakan cepat sehingga dapat terhindar dari pencemaran, namun pergerakannya terbatas pada habitat tertutup seperti danau (Yusuf *et al.*, 2013). Ikan sering digunakan sebagai indikator biologis logam berat (Yunanmalifah *et al.*, 2021). Jenis ikan yang digunakan sebagai bioindikator adalah ikan mujair. Ikan mujair banyak dikonsumsi oleh masyarakat sekitar Danau Rawa Taliwang. Jika jumlah kadar kadmium pada ikan mujair melebihi peraturan yang ditetapkan maka dapat bersifat toksik pada manusia. Apabila ikan tersebut dikonsumsi secara terus menerus menyebabkan berbagai gangguan kesehatan. Adapun batasan kadar logam berat kadmium menurut BPOM No 9 Tahun 2022 pada ikan sebesar 0,30 mg/kg.

Berdasarkan hasil penelitian Khairuddin *et al.*, (2022) di Danau Rawa Taliwang menunjukkan bahwa kandungan tembaga pada ikan betok sebesar 0,069 sampai 0,126 ppm sedangkan kandungan kadmium sebesar 0,011 sampai 0,015 ppm. Penelitian Legiarsi *et al.*, (2022) di Danau Rawa Taliwang menunjukkan hasil kadar kadmium di ikan gabus sebesar 0,1405 mg/kg. Penelitian lain juga dilakukan oleh Muslim *et al.*, (2022) di Teluk Bima, dimana didapat kadar kadmium di ikan bandeng berkisar 10-40 ppm. Beberapa penelitian tersebut membuktikan bahwa logam berat dapat terakumulasi pada tubuh organisme perairan. Penelitian konsentrasi logam berat pada ikan sangat penting karena adanya data akumulasi logam berat memberikan informasi organisme perairan tersebut sudah masuk kedalam kategori tercemar atau tidak.

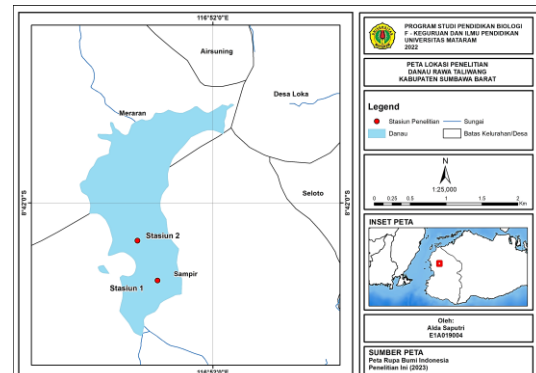
Berdasarkan uraian diatas, perlu dilakukan penelitian kandungan kadmium pada ikan mujair di Danau Rawa Taliwang. Tujuan Penelitian untuk mengetahui kadar kandungan kadmium (Cd) pada ikan mujair di Danau Rawa Taliwang sehingga dapat memperkaya materi kuliah

ekotoksikologi dan mengetahui ikan mujair tersebut masih aman dikonsumsi oleh masyarakat berdasarkan peraturan Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM) Nomor 9 Tahun 2022 tentang persyaratan cemaran logam berat pada olahan pangan. Hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan bagi masyarakat yang mengkonsumsi ikan mujair khususnya ikan di Danau Rawa Taliwang dan pertimbangan bagi nelayan untuk memperhatikan areal penangkapan ikan.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 6 bulan, dari pertengahan bulan Agustus 2022 - Februari 2023. Tempat penelitian di Danau Rawa Taliwang. Lokasi stasiun pengambilan sampel yaitu pada stasiun sisi timur dan stasiun sisi barat yang merupakan titik yang sering digunakan oleh nelayan untuk menangkap ikan. Stasiun I di sisi timur yaitu pada koordinat 8°42'35'' LS, 116°51'35'' BT dan stasiun 2 di sisi barat pada koordinat 8°42'17'' LS dan 116° 51'26'' BT.



Gambar 1. Peta lokasi stasiun pengambilan sampel

Alat dan bahan

Alat dalam penelitian ini antara lain aluminium foil, box-ikan, hot plate, corong, jaring ikan, kamera, kertas penyaring, labu kjeldhal, labu ukur, latex examination gloves, nampan, neraca analitik, pipet tetes, pisau, wadah sampel dan Atomic Absorption Spectrophotometer. Bahan dalam penelitian antara lain aquadest, H₂SO₄, katalis (campuran Na₂SO₄, dan CuSO₄ dengan rasio perbandingan 20:1) dan sampel daging ikan mujair 0,5 gram.

Pengumpulan data

Ikan mujair ditangkap menggunakan jaring ikan. Kriteria ikan yang di ambil yakni berumur 5-6 bulan dengan panjang tubuh ikan ± 30 cm. Keadaan faktor lingkungan diukur menggunakan pH meter, thermometer dan refractometer. Ikan yang ditangkap kemudian dipreparasi di Laboratorium Analitik Kimia Universitas Mataram dan di analisis menggunakan AAS di Laboratorium Lingkungan Hidup dan Kehutanan NTB.

Pengolahan Data

Sampel Ikan mujair yang berjumlah 4 ekor di bersihkan dan dicuci dengan aquades. Bagian yang dijadikan sampel adalah daging ikan yang sudah di potong kecil-kecil. Potongan daging ikan mujair ditimbang menggunakan neraca analitik sekitar 0,5 gram dan di catat berat nya. Selanjutnya sampel ikan dimasukkan ke labu kjeldahl dan ditambahkan 1 gram katalis (campuran Na_2SO_4 , dan CuSO_4 rasio 20:1) serta larutan H_2SO_4 sebanyak 10 ml. Sampel dipanaskan menggunakan alat kjedhal term selama 2 jam dengan suhu 350°C atau sampai larutan menjadi bening. Hasil dekstruksi larutan kadmium disaring di labu ukur 100 ml, dimasukan aquadest dan digerakan secara perlahan agar larutan tercampur. Sampel siap di analisis dengan menggunakan alat Atomic Absorbtion Spectrophotometri.

Analisis sampel menggunakan AAS di Laboratorium Lingkungan Hidup dan Kehutanan NTB. Sampel dianalisis pada panjang gelombang 228,8 nm, bahan pembakaran jenis asetilen, laju alir dan laju udara berturut-turut 2,5 liter/menit dan 10 liter/menit, tinggi burner 2,7 mm dan jenis lampu EDL (Ramdanawati *et al.*, 2017). Adapun prosedur analisis menggunakan AAS sebagai berikut larutan baku diletakan pada tabung reaksi, komputer di dihidupkan dan di atur lampu katoda, larutan standar diaspirasi kemudian larutan baku dianalisis secara berurutan dan hasil analisis kadar kadmium yang di peroleh dicatat (Warni *et al.*, 2017).

Analisis data

Data analisis kandungan kadmium pada daging ikan mujair dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Konsentrasi Cd} = \frac{(D - E) \times Fp \times V}{W}$$

Keterangan:

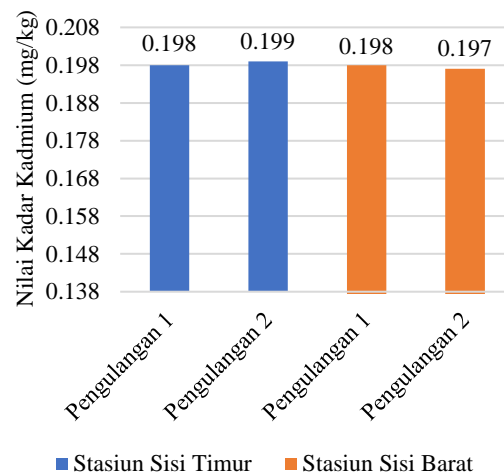
D : Konsentrasi sampel (mg/l)
E : Konsentrasi blanko (mg/l)
Fp : Faktor pengenceran
V : Volume akhir larutan sampel (l)
W : Berat sampel (kg)
(Badan Standarisasi Nasional, 2019)

Data kadar kadmium yang di peroleh dibandingkan dengan peraturan BPOM No.9 Tahun 2022 tentang persyaratan cemaran logam berat pada olahan pangan berupa produk olahan ikan sebesar 0,30 mg/kg.

Hasil dan Pembahasan

Kadar kadmium pada ikan mujair

Hasil uji analisis menggunakan AAS didapat kadar logam kadmium pada daging ikan mujair yaitu 0,197-0,199 mg/kg dengan rata-rata kadar kadmium yang diperoleh yaitu 0,1977 mg/kg sehingga belum melebihi persyaratan BPOM No 9 Tahun 2022.



Gambar 2. Kadar logam kadmium

Meskipun kadar kandungan kadmium di sampel daging ikan mujair yang diambil di Danau Rawa Taliwang berada dibawah ambang batas yang di tetapkan, tetapi perlu diwaspadai mengingat logam kadmium bersifat toksik walaupun dalam kadar yang sangat rendah. Potensi akumulasi logam kadmium dapat terjadi pada rantai makanan sehingga menyebabkan tingkat akumulasi logam berat semakin tinggi. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa mahluk hidup di Danau Rawa Taliwang sudah

tercemar logam berat. Sebagaimana penelitian Shoalichin *et al.*, (2022), didapat kandungan timbal pada daging ikan betok <0,2 mg/kg sehingga masih aman dan belum melebihi ambang batas yang ditetapkan. Penelitian Kirana *et al.*, (2022) mengenai kandungan tembaga, didapat hasil bahwa kandungan Cu pada ikan gabus sebesar 0,679 mg/kg dan belum melewati nilai logam Cu sebesar 20,0 mg/kg.

Pencemaran logam berat banyak terjadi di lingkungan, dimana hal tersebut berkaitan dengan penggunaan logam di berbagai bidang kehidupan (Khairuddin *et al.*, 2019). Pencemaran logam kadmium di Danau Rawa Taliwang berasal dari kegiatan masyarakat seperti kegiatan pertanian, pertambangan dan rumah tangga. Limbah dari kegiatan tersebut masuk kedalam perairan dibawa oleh aliran air dan bermuara di danau. Karena areal persawahan berada tidak jauh dari Danau Rawa Taliwang maka air yang masuk tersebut melewati tanah persawahan yang sudah tercemar kadmium dari pupuk, herbisida maupun fungisida (Khairuddin *et al.*, 2022). Dengan demikian dapat memberikan kontribusi pencemaran logam kadmium karena pupuk memiliki kandungan kadmium yang berfungsi sebagai penyeimbang/stabilizer (Khairuddin *et al.*, 2018; Khairuddin *et al.*, 2018).

Nelayan di Danau Rawa Taliwang menyemprot gulma dan tumbuhan lain menggunakan herbisida untuk akses masuk ke danau (Kirana *et al.*, 2022). Peningkatan penggunaan zat kimia terkandung dalam pestisida dan herbisida tersebut dapat menurunkan kualitas perairan (Anas *et al.*, 2022). Kegiatan lain yang menyebabkan adanya pencemaran di danau yaitu penggunaan cat untuk mewarnai kapal, membuang sisa air ballast dan tumpahan BBM ketika mengisi BBM kapal tersebut (Nursagita & Harmin, 2021). Air sungai yang tercemar limbah cat, plastik, baterai dan tekstil masuk ke Danau Rawa Taliwang. Hal tersebut selaras dengan pendapat Kirana *et al.*, (2022) bahwa air Danau Rawa Taliwang berasal dari air sungai di Kabupaten Sumbawa Barat. Selain itu banyak ditemukan pertambangan illegal disekitar danau.

Aktivitas penambangan emas oleh masyarakat beratapakan terpal seperti gubuk kecil. Limbah pengolahan biji emas tersebut dibiarkan tergenang didalam bak penampungan sederhana yakni dengan mengali tanah sekitar,

sehingga limbah tersebut terbawa aliran air sungai dan sampai ke badan air danau (Hadiatullah *et al.*, 2023). Logam berat tersebut kemudian masuk kedalam alga, beberapa tumbuhan air dan mengendap di sedimen, mengikuti mekanisme rantai makanan di perairan dan akhirnya terakumulasi kedalam jaringan tubuh ikan. Apabila ikan yang sudah tercemar logam kadmium di konsumsi oleh manusia mengakibatkan gangguan kesehatan dan logam tersebut terakumulasi pada jaringan tubuh. Logam berat berdampak negatif bagi kesehatan karena memiliki sifat nondegradable (Khairuddin *et al.*, 2021; Khairuddin *et al.*, 2018).

Logam kadmium dapat mengakibatkan efek negatif bagi kesehatan manusia. Efek jangka pendek kadmium yang di hirup setelah 4-10 jam yaitu sulit bernapas, batuk, sakit di bagian dada dan edema paru dan penyakit infeksi saluran pernapasan (bronkopneumonia). Logam kadmium yang di hirup dan ditelan manusia dibawah oleh aliran darah dan berada di eritrosit dan leukosit sekitar 90% serta 10% di plasma darah. Efek langsung kadmium setelah 15-30 menit ditelan atau di konsumsi yaitu muntah, air liur keluar berlebihan, tersedak, sakit perut, tenesmus, mencret, sakit kepala, gagal ginjal dan cadmiopulmonary. Efek yang muncul dalam jangka waktu lama yaitu gangguan ginjal, skeletal, penyakit jantung maupun kanker (Dewi, 2020).

Mahluk hidup di perairan mampu bertahan dan berkembang biak di habitat tersebut, apabila kondisi lingkungan masih dalam taraf aman (Khairuddin *et al.*, 2016). Logam berat masuk ke jaringan tubuh mahluk hidup melalui insang, kulit dan jalur utama melalui rantai makanan. Mekanisme rantai makanan di perairan yaitu fitoplankton di makan oleh zooplankton, selanjutnya zooplankton dimakan oleh ikan yang berukuran kecil dan ikan berukuran kecil tersebut dimakan oleh ikan yang berukuran lebih besar kemudian dikonsumsi oleh manusia. Kadmium dikenal sebagai logam berat yang berbahaya setelah timbulnya kasus penyakit itai-itai di Jepang dimana masyarakat mengkonsumsi air dan ikan di Sungai Yizu yang tercemar, penyakit ini menyebabkan melunaknya tulang karena ketidakseimbangan kalsium dan fosfat pada ginjal (Haryanti & Nana, 2020). Hal ini sejalan menurut Khairuddin *et al.*, (2019) and

Khairuddin *et al.*, (2018) perubahan lingkungan dapat berdampak negatif bagi kelangsungan hidup organisme khususnya manusia.

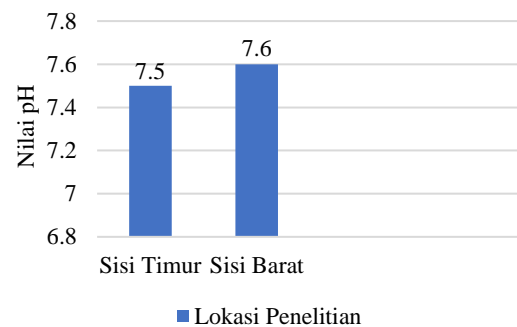
Kadmium pada jaringan tubuh ikan mujair mengalami peningkatan, apabila kondisi lingkungan dan makanan ikan sudah tercemar logam. Pengaruh logam berat pada ikan adalah mengurangi proses pematangan gonad, insang tertutup yang mengakibatkan ikan sulit bernapas dan pertumbuhan ikan terhambat (Haryanti & Nana, 2020). Terdapat banyak kasus pencemaran perairan air tawar, sebagaimana yang di teliti oleh Azizah & Mamay (2021) berlokasi di Sungai Cikaniki, Kabupaten Bogor, hasil penelitian kadar logam pb antara 0,4-0,7mg/kg, kadar kadmium <0,4 mg/kg dan kadar merkuri 0,630–1,029 mg/kg. Penelitian Awaliyah *et al.*, (2021) daging ikan mujair di Telaga Gipik Gresik tidak terkontaminasi logam berat kadmium. Penelitian yang dilakukan Jais *et al.*, (2020) di Sungai Tallo Makassar, hasil menunjukkan logam kadmium pada ikan berkisar antara 0,7867-1.0919 mg/kg.

Faktor lingkungan

Kandungan kadmium pada ikan mujair dipengaruhi oleh pH, suhu dan salinitas. pH termasuk faktor penting untuk mengukur keadaan perairan dan kehidupan organisme. Karena setiap organisme memiliki toleransi pH tertentu (Mardani *et al.*, 2018). Adapun faktor yang mempengaruhi nilai pH di perairan seperti karbondioksida, karbonat, bikarbonat dan penguraian sisa-sisa limbah organik (Hariani *et al.*, 2021). Berdasarkan hasil pengukuran pH di kedua titik lokasi diperoleh nilai pH pada stasiun sisi timur yaitu 7,5 dan pH pada sisi barat yaitu 7,6.

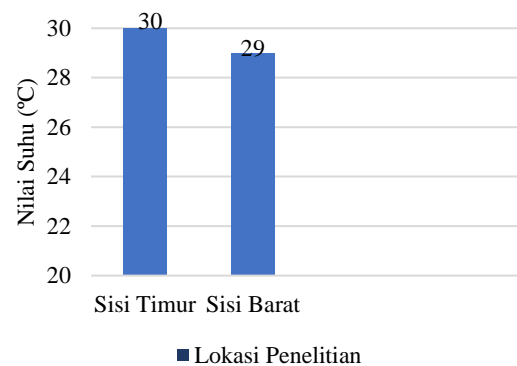
Kondisi pH tersebut dalam kisaran normal, dimana pH normal bagi ikan di perairan yaitu 6,8 sampai 8,5 dan pH <6 kurang mendukung untuk kehidupan plankton sedangkan pH <4 menyebabkan kematian pada organisme perairan seperti ikan (Dirham & Manap, 2020). Nilai pH mempengaruhi kandungan logam berat di perairan. Nilai pH yang tinggi mengakibatkan penurunan logam berat dan sedangkan pada pH rendah mengakibatkan peningkatan logam berat (Rachmaningrum *et al.*, 2015). Dengan demikian pendapat tersebut selaras dengan hasil pengukuran bahwa pada stasiun dengan pH

rendah didapat kandungan kadmium lebih tinggi dibandingkan pada pH tinggi.



Gambar 3. Parameter pH Danau Rawa Taliwang

Faktor suhu berperan terhadap pertumbuhan dan metabolisme tubuh ikan, oleh karena itu suhu perairan yang tinggi dapat menghambat metabolisme ikan (Prabowo *et al.*, 2016). Suhu normal untuk ikan bervariasi sekitar 25°C-32°C (Syamiazi *et al.*, 2015). Peningkatan suhu dapat meningkatkan kadar logam berat di perairan (Khairuddin *et al.*, 2022). Hasil penelitian menunjukkan suhu pada stasiun sisi timur yaitu 30°C lebih tinggi dibandingkan suhu pada sisi barat yaitu 29°C, hal ini berbanding lurus dengan kadar kadmium pada daging ikan mujair di stasiun sisi timur lebih tinggi dibandingkan pada stasiun sisi barat.



Gambar 4. Parameter Suhu Danau Rawa Taliwang

Salinitas rendah di perairan dapat meningkatkan logam berat, karena mempengaruhi kadar kation bebas di air (Baloch *et al.*, 2020). Hasil pengukuran salinitas pada kedua stasiun yaitu <0 ppt atau salinitas rendah. Oleh karena itu penurunan salinitas air menyebabkan adanya kadmium pada tubuh ikan mujair.

Kesimpulan

Hasil analisis kadar kadmium pada daging ikan mujair yaitu 0,1977 mg/kg sehingga masih aman di konsumsi oleh masyarakat karena belum melebihi Peraturan BPOM No. 9 Tahun 2022 tentang persyaratan cemaran logam berat pada olahan pangan berupa olahan produk ikan yaitu sebesar 0,30 mg/kg.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Drs. H. Khairuddin, M.Eng selaku dosen pembimbing 1 dan Drs. H. M. Yamin, M.Si. selaku dosen pembimbing 2. Serta pihak Laboratorium Analitik Kimia, FMIPA Universitas Mataram dan Laboratorium Lingkungan Hidup dan Kehutanan NTB.

Referensi

- Anas, M.H., Lalu J. & Khairuddin. (2022). Phytoplankton Community s A Bioindicator for Water Quality of Sumi Dam, Bima Regency. *Jurnal Biologi Tropis*, 22 (1): 244-250. DOI: <http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v22i1.3109>.
- Awaliyah, V.I., Atok, M.H. & Fuad, J.M. (2022). Bioakumulasi Logam Berat Kadmium pada Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Telaga Ngipik Gresik. *Seminar Nasional VI*: 283-286. <http://research-report.umm.ac.id/index.php/psnpb/article/view/4763>.
- Azhar, H., Ita, W. & Jusup, S. (2012). Studi Kandungan Logam Berat Pb, Cu, Cd, Cr pada Kerang Simping (*Amusium pleuronectes*), Air dan Sedimen di Perairan Wedung, Demak serta Analisis Maximum Tolerable Intake pada Manusia. *Journal of Marine Research*, 1 (2): 35-44. DOI: <https://doi.org/10.14710/jmr.v1i2.2017>.
- Azizah, M. & Mamay, M. (2021). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), dan Merkuri (Hg) di dalam Tubuh Ikan Wader (*Barbodes binotatus*) dan Air Sungai Cikaniki, Kabupaten Bogor. *Jurnal Perairan Darat Tropis di Indonesia*. 28 (2): 83-93. DOI: <http://dx.doi.org/10.14203/limnotek.v28i2>.
- .331.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2022). *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 9 Tahun 2022 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan Olahan*. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan.
- Badan Standarisasi Nasional (2019). *SNI 6989-84:2019 Air dan air limbah bagian 84: Cara uji kadar terlarut dan logam total secara spektrofotometri serapan atom (SSA)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Baloch, S., Kazi, T.G., Baig, J.A., Afridi, H.I. & Arain, M.B. (2020). Occupational Exposure of Lead and Cadmium on Adolescent and Adult Workers of Battery Recycling Aand Welding Workshops: Adverse Impact on Health. *Science of The Total Environment*, 720. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137549>.
- Dewi, C.H. (2020). Perbedaan Kadar Kadmium (Cd) dalam Darah dan Tekanan Darah pada Pengelas dan Non Pengelas di PT. X Surabaya. *Jurnal Wiyata*, 7 (2): 110-123. DOI: <http://dx.doi.org/10.56710/wiyata.v7i2.158>
- Dirham, & Manap, T. (2020). Analisis Isi Lambung Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Perairan Danau Talaga Kabupaten Donggala. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 5 (3): 118-128. DOI: <https://doi.org/10.32938/jbe.v5i3.727>.
- Hadiatullah, Khairuddin, & Didik, S. (2023) Test of Mercury (Hg) Content in Mozambique Tilapia Fish (*Oreochromis mossambicus*) from Rawa Taliwang Lake Nature Tourism Park, West Sumbawa Regency. *Jurnal Biologi Tropis*, 23 (1): 280-2823. DOI: <http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v23i1.4563>.
- Hariani, B.D., Agil A.I. & Khairuddin. (2021). The Assessment of the Quality of Water from Regional Drinking Water Company Giri Menang as a Source of Community Drinking Water in the City of Mataram. *Jurnal Biologi Tropis*, 21 (1): 120-130. DOI: <http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v21i1.2209>.
- Haryanti, E.T. & Nana, K.T.M. (2020). Analisis Cemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam Daging Ikan Kakap

- Merah (*Lutjanus Sp*) di TPI Kluwut Brebes. *Life Science*, 9 (2): 149-160. DOI: <https://doi.org/10.15294/lifesci.v9i2.47158>
- Istarani, F. & Ellina S.P. (2014). Dampak Arsen (As) dan Kadmium (Cd) terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan. *Jurnal Teknik Pomits*, 1 (1): 53-58. DOI: <http://dx.doi.org/10.12962/j23373539.v3i1.5684>.
- Jais, N., Ikhtiar, M., Gafur, A., Hasriwiani, H.B. & Hidayat. (2020). Bioakumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) yang Terdapat dalam Air dan Ikan di Sungai Tallo Makassar. *Window of Public Health Journal*. 20 (20): 261-274. DOI: <https://doi.org/10.33096/woph.v1i3.65>.
- Kawirian, R.R., Mahrus, & Lalu, J. (2018). Struktur Komunitas Fitoplankton Danau Lebo Taliwang Sumbawa Barat. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, 50-59. DOI: <https://jurnalfkip.unram.ac.id/index.php/semnasBIO/article/view/6>.
- Khairuddin, Yamin M. & Syukur, A. (2016). Analisis Kualitas Air Kali Ancar dengan menggunakan Bioindikator Makro-invertebrata. *Jurnal Biologi Tropis*, 16 (2): 10-22. DOI: [10.29303/jbt.v16i2.22](https://doi.org/10.29303/jbt.v16i2.22).
- Khairuddin, Yamin, M. & Kusmiyati. (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. DOI: [10.29303/jpm.v16i1.2257](https://doi.org/10.29303/jpm.v16i1.2257).
- Khairuddin, Yamin, M. & Syukur, A. (2019). Penyuluhan Tentang Sumber-Sumber Kontaminan Logam Berat pada Siswa SMA Negeri 1 Belo Kabupaten Bima. *Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat*, 2 (1): 64-71. DOI: [10.29303/jppm.v2i1.1015](https://doi.org/10.29303/jppm.v2i1.1015).
- Khairuddin, Yamin, M., Syukur, A. & Kusmiyati. (2019). Penyuluhan Tentang Upaya Pelestarian Lingkungan Hidup pada Siswa SMP Negeri 3 Palibelo Kabupaten Bima. *Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat*, 2 (2): 239-248. DOI: [10.29303/jppm.v2i2.1138](https://doi.org/10.29303/jppm.v2i2.1138).
- Khairuddin, Yamin, M., Syukur, A. & Mahrus. (2018). Penyuluhan Tentang Dampak Logam Berat Pada Manusia di SMA Negeri 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).
- Khairuddin, Yamin, M., Syukur, A. & Muhlis. (2018). Analisis Logam Pencemar pada Klas Bivalvia dari Teluk Bima. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, 783-787. DOI: <https://jurnalfkip.unram.ac.id/index.php/semnasBIO/article/view/592>.
- Khairuddin, Yamin. M. & 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*, 22 (1): 186-193. DOI: <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i1.3105>.
- Khairuddin, Yamin. M. & Syukur A. (2018). Analisis Kandungan Logam Berat pada Tumbuhan Mangrove sebagai Bioindikator di Teluk Bima. *Jurnal Biologi Tropis*, 18 (1): 69-79. DOI: [10.29303/jbt.v18i1.731](https://doi.org/10.29303/jbt.v18i1.731).
- Kirana, G.C., Khairuddin, & Yamin, M. (2022). Analysis of Heavy Metal Content of Copper (Cu) in Cork Fish from Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency 2021. *Jurnal Biologi Tropis*, 22 (3): 1033-1039. DOI: <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i3.3957>.
- Legiarsi, K., Khairuddin, & Yamin, M., (2022). Analysis of Kadmium (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. DOI: <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i2.3509>.
- Mardani, N.P.S., Restu, I.W. & Alfi, H.W.S. (2018). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Badan Air dan Ikan di Perairan Teluk Benoa, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*. 1 (1): 106-113. DOI: <https://doi.org/10.24843/CTAS.2018.v01i01.p14>.
- Muslim, B., Khairuddin, Yamin, M. & Kusmiyati (2022). Analysis of Heavy Metal Content of Cadmium (Cd) in Milkfish (*Chanos chanos* Forsk) from

- Milkfish Farms in Bima Bay. *Jurnal Pijar MIPA*, 17 (1): 83-88. DOI: 10.29303/jpm.v17i1.3122.
- Nursagita, Y.S. & Harmin S. (2021). Kajian Fitoremediasi untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Berat di Wilayah Pesisir Menggunakan Tumbuhan Mangrove (Studi Kasus: Pencemaran Merkuri di Teluk Jakarta). *Jurnal Teknik Its*, 10 (1): 22-29. DOI: <http://dx.doi.org/10.12962/j23373539.v10i1.59848>.
- Prabowo. R., Purwanto. & Sunoko. H.R. (2016). Akumulasi Kadmium (Cd) pada Ikan Wader Merah (*Puntius bramoides C.V*) di Sungai Kaligarang. *Jurnal Mipa*, 39 (1): 1-10. DOI: <https://doi.org/10.15294/ijmns.v39i1.7693>.
- Rachmaningrum, M., Eka, W. & Kancitra, P. (2015). Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Perairan Sungai Citarum Hulu Segmen Dayeuhkolot-Nanjung. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 3 (1): 1-11. <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/lingkungan/article/view/679>
- Ramdanawati, L., Emma, E. & Erma, B.A. (2017). Analisis Kadar Cemar Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Sampel Ikan Air Tawar dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Jurnal Farmagazine*, 4 (2): 26-3. DOI: 10.47653/farm.v4i2.84.
- Sasongko, A., Kurniawan, Y. & Dwi. S. (2017). Verifikasi Metode Penentuan Logam Kadmium (Cd) Alam Air Limbah Domestic dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 6 (2): 228-237. DOI: <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v6i2.10699>.
- Shoalichin, L.M., Khairuddin, & Yamin, M. (2022). Analysis of Lead (Pb) Heavy Metal Content in Climbing Perch Fish (*Anabas testudines*) derived from Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency 2021. *Jurnal Biologi Tropis*, 22 (3): 834-839. DOI: <http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v22i3.3923>
- Syaifullah, M., Yuniar. A.C., Agoes S. & Bambang I. (2018). Kandungan Logam Non Esensial (Pb, Cd dan Hg) dan Logam Esensial (Cu, Cr dan Zn) pada Sedimen di Perairan Tuban, Gresik dan Sampang Jawa Timur. *Jurnal Kelautan*. 11 (1): 69-74. DOI: <https://doi.org/10.21107/jk.v11i1.4497>.
- Syamiyazi, F.D.N., Saifullah, & Forcep, R.I. (2015). Kualitas Air di Waduk Nadra Kerenceng Kota Cilegon Provinsi Banten. *Jurnal Akuatika*, 6 (2): 161-169. <https://jurnal.unpad.ac.id/akuatika/article/view/7477>.
- Wahyuni, T.E. (2019). Lebo Taliwang Peyangga Kehidupan yang Perlu Pemulihan. *Jurnal Warta Konservasi Lahan Basah*, 27 (2): 3-12. <https://indonesia.wetlands.org/id/publikasi/warta-konservasi-lahan-basah-vol-27-no-2-juni-2019/>.
- Warni, D., Sofyatuddin, K. & Nurfadillah, N. (2017). Analisis Logam Pb, Mn, Cu dan Cd pada Sedimen di Pelabuhan Jetty Meulaboh, Aceh Barat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan*, 2 (2): 246-253. <https://jim.usk.ac.id/fkp/article/view/4862/0>.
- Yunanmalifah, M.A., Khairuddin, & Yamin, M. (2021). Analysis of Heavy Metal Content of Copper (Cu) in Milkfish (*Chanos chanos* Forsk) from Milkfish Farms in Bima Bay 2020. *Jurnal Biologi Tropis*. 21 (3): 778-782. DOI: <http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v21i3.2907>.
- Yusuf, M., Baharuddin, H. & Nurdin, R. (2013). Kandungan Merkuri (Hg) dalam Air Laut, Sedimen dan Jaringan Ikan Belanak (*Liza melinoptera*) di Perairan Teluk Palu. *Jurnal Akad Kim*, 2 (3): 140-145. <https://www.neliti.com/id/publications/224166/kandungan-merkuri-hg-dalam-air-laut-sedimen-dan-jaringan-ikan-belanak-liza-melin>.