

## Penetapan Kadar Cd<sup>2+</sup> dan Pb<sup>2+</sup> pada Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) dengan Metode AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry)

Khusna Santika Rahmasari<sup>1\*</sup>, Arista Safitri<sup>1</sup>, Achmad Vandian Nur<sup>1</sup>, Wirasti Wirasti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Sarjana Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Pekalongan  
Pekalongan, Indonesia.

Corresponding author: [khusnasantika@gmail.com](mailto:khusnasantika@gmail.com)

### Article history

Received: 26 September 2022

Received in revised form: 19 July 2023

Accepted: 20 December 2023

DOI:

10.17977/um0260v7i22023p001

### Kata-kata kunci:

AAS

Ikan mujair

Kadmium

Kota Pekalongan

### Abstrak

Ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) merupakan ikan yang tahan terhadap kondisi lingkungan dan mudah ditemukan yang apabila terpapar logam berat serta dikonsumsi dalam jangka panjang akan menimbulkan efek neurotoksik, karsinogenik, mutagenik ataupun teratogenik bahkan sampai kematian. Cd<sup>2+</sup> dan Pb<sup>2+</sup> merupakan logam berat berbahaya yang bersifat toksik serta dapat mencemari organisme perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar Cd<sup>2+</sup> dan Pb<sup>2+</sup> pada ikan mujair di tambak Kota Pekalongan. Sampel berasal dari tambak Jeruksari, Panjang, dan Slamaran. Analisis kadar logam berat menggunakan metode AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry). Hasil penelitian menunjukkan ikan mujair di tambak Jeruksari, Panjang dan Slamaran mempunyai kadar Cd<sup>2+</sup> sebesar 0,07; 17,38 dan 0,02 mg/Kg, serta kadar Pb<sup>2+</sup> sebesar 10,26; 6,08 dan 8,62 mg/Kg. Kadar Cd<sup>2+</sup> pada tambak Panjang melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh BPOM yaitu 0,1 mg/Kg, sedangkan kadar Pb<sup>2+</sup> pada ketiga tambak melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh BPOM yaitu 0,2 mg/Kg.

### Abstract

Mujair fish (*Oreochromis mossambicus*) belongs to fish that are resistant to environmental conditions and are easy to find. which if exposed to heavy metals and consumed in the long term will cause neurotoxic, carcinogenic, mutagenic, or teratogenic effects even to death. Cd<sup>2+</sup> and Pb<sup>2+</sup> are harmful heavy metals that are toxic and can pollute aquatic organisms. This study aims to determine the levels of Cd<sup>2+</sup> and Pb<sup>2+</sup> in mujair fish in ponds in Pekalongan City. Samples came from Jeruksari, Panjang, and Slamaran ponds. Analysis of heavy metal content using the AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry) method. The results showed that mujair fish in Jeruksari, Panjang, and Slamaran ponds had Cd<sup>2+</sup> levels 0,07; 17,38 and 0,02 mg/Kg, as well as Pb<sup>2+</sup> levels of 10,26; 6,08 and 8,62 mg/Kg. Cd<sup>2+</sup> levels in Panjang ponds exceeded the threshold set by BPOM which was 0,1 mg/Kg, while Pb<sup>2+</sup> levels in the three ponds exceeded the threshold set by BPOM, namely 0,2 mg/Kg.

### PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan lingkungan di wilayah pesisir Kota Pekalongan adalah pencemaran logam berat yang umumnya disebabkan oleh kegiatan industri maupun aktivitas manusia [1]. Kota Pekalongan terkenal akan sektor industri batiknya yang dimana industri batik tersebut termasuk salah satu penghasil limbah cair yang berasal dari proses pewarnaan [2]. Limbah cair dari industri batik dilaporkan mengandung logam berat seperti Cd, Fe, Pb, Cr, Zn dan Cu [3].

Logam berat merupakan unsur logam yang mempunyai kerapatan tinggi serta beracun walaupun dalam kadar rendah. Paparan logam berat pada manusia dapat terjadi dalam berbagai cara, mulai dari konsumsi makanan yang terkontaminasi, paparan partikel di udara dan kontak atau konsumsi dengan air yang terkontaminasi selama periode waktu tertentu [4].

Ikan dapat mengakumulasi logam berat dalam jaringannya melalui penyerapan dan manusia dapat terpapar logam berat melalui rantai makanan. Konsumsi jangka panjang bahan makanan yang

terkontaminasi logam berat dapat menyebabkan akumulasi logam berat dalam tubuh. Akumulasi logam beracun dan dapat menyebabkan efek akut dan kronis pada manusia serta logam berat dapat bersifat neurotoksik, karsinogenik, mutagenik maupun teratogenik [5]–[7].

Ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) termasuk ikan yang mudah dibudidayakan karena dapat hidup di berbagai jenis perairan seperti air payau, air tawar, dan air laut [8]. Ikan mujair sangat tahan terhadap tekanan lingkungan dan mudah ditemukan meskipun dekat dengan industri [9].

Kadmium (Cd) termasuk logam berat toksik dan berbahaya bagi organisme perairan karena merupakan pencemar. Di perairan, jumlah kadmium yang relatif kecil dapat terserap secara biologis dan dapat terakumulasi oleh organisme di perairan [10]. Kadmium dalam air berasal dari endapan atmosfer, debu, air pengolahan limbah, dan limbah cair industri [8]. Masuknya kadmium pada tubuh akan menyebabkan toksisitas yang berpengaruh pada sistem syaraf, kardiovaskular, urinaria, gastrointestinal, reproduksi, endokrin serta bersifat karsinogenik pada takaran tinggi [11]. Batasan maksimum kandungan kadmium dalam ikan dan produk olahannya adalah 0,1 mg/Kg [12].

Selain Cd, timbal (Pb) termasuk logam berat beracun dan berbahaya yang memiliki kecenderungan mempengaruhi kelangsungan hidup organisme perairan serta banyak dijumpai sebagai bahan pencemar. Kehadiran timbal pada ekosistem dapat menjadi sumber pencemaran dan karena sangat beracun, timbal dapat menyebabkan kematian pada biota perairan. Timbal yang hadir di perairan merupakan efek dari aktivitas manusia seperti air limbah industri, air limbah penambangan bijih timah hitam, dan limbah dari industri baterai [8]. Aktivitas enzim dapat terhambat dengan adanya konsentrasi timbal yang tinggi dalam tubuh [13]. Batasan maksimum kandungan timbal dalam ikan dan produk olahannya adalah 0,2 mg/Kg [12].

*Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) merupakan metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom pada tingkat energi dasar (*ground state*). Proses penyerapan energinya berlangsung pada panjang gelombang spesifik dan karakteristik tertentu dari tiap unsur yang akan dianalisis [14]. *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) biasa dipakai untuk menganalisis suatu logam [15]. Metode AAS dipilih sebagai metode analisis kandungan logam berat karena sangat selektif, akurat, sensitif dan

hemat biaya serta sampel kecil pun dapat dianalisis [11], [16].

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, peneliti ingin melakukan pengujian terhadap kadar  $Cd^{2+}$  dan  $Pb^{2+}$  pada ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang terdapat di tambak kota Pekalongan dengan menggunakan AAS. Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan informasi kepada masyarakat mengenai kadar  $Cd^{2+}$  dan  $Pb^{2+}$  yang terdapat pada ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang berkembang biak di tambak yang berada di Kota Pekalongan.

## METODE

### Alat

Instrumen AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) (*Shimadzu AA-7000*) dengan lampu katoda  $Cd^{2+}$  dan  $Pb^{2+}$ , neraca analitik (*CGOLDENWALL*), oven (*Memmert*), kertas saring whatman no. 41, dan alat-alat gelas (*Pyrex*).

### Bahan

Sampel ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) diperoleh dari tambak Jeruksari, Desa Jeruksari Kecamatan Tirto Kabupaten Pekalongan, Tambak Panjang Kelurahan Panjang Baru Kecamatan Pekalongan Utara Kota Pekalongan dan Tambak Slamaran Kelurahan Degayu, Kecamatan Pekalongan Utara Kota Pekalongan. Bahan-bahan yang digunakan adalah bahan kimia dengan kualitas pro analisis produksi *Merck* yaitu  $Cd(NO_3)_2$ ,  $Pb(NO_3)_2$ ,  $HNO_3$  65%,  $H_2O_2$  30%, NaOH, dan HCl 37%.

### Preparasi Sampel

Sampel dicuci dan dibersihkan dengan air mengalir lalu diambil bagian daging ikannya. Kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu  $\pm 70$  °C dan dihaluskan. Ditimbang seksama sebanyak 1 gram sampel dan dimasukkan kedalam gelas beaker untuk dilakukan proses destruksi, kemudian ditambahkan dengan  $HNO_3$  65% sambil dipanaskan di atas *hot plate* dengan suhu  $\pm 100$  °C dalam lemari asam sampai asap berwarna coklat hilang. Selanjutnya larutan ditambah  $H_2O_2$  30% sedikit demi sedikit sambil tetap dipanaskan. Hentikan proses destruksi saat larutan menjadi jernih yang mengindikasikan bahwa proses destruksi telah sempurna. Selanjutnya larutan didinginkan dan dimasukkan dalam labu ukur 50 mL dan ditambahkan aquabides sampai tanda batas dan dihomogenkan. Larutan disaring dengan

menggunakan kertas saring whatman no. 41 dan siap untuk dianalisis [17].

### Pembuatan Kurva Standar $Cd(NO_3)_2$ dan $Pb(NO_3)_2$

Larutan induk Cd dan Pb 1000 mg/L dipipet sebanyak 1 mL, kemudian dimasukkan dalam labu ukur 100 mL dan dicukupkan volumenya sampai tanda batas dengan ditambahkan  $HNO_3$  0,5 M. Dibuat larutan standar Cd dengan konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 mg/L dan larutan standar Pb dengan konsentrasi 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5 mg/L. Masing-masing konsentrasi tersebut diukur serapannya pada panjang gelombang 228,8 nm untuk Cd dan 283,3 nm untuk Pb dengan menggunakan instrument AAS [18], [19].

### Penentuan Kadar $Cd^{2+}$ dan $Pb^{2+}$

Larutan sampel hasil destruksi diukur absorbansinya pada panjang gelombang 228,8 nm untuk Cd dan 283,3 nm untuk Pb dengan menggunakan instrumen AAS [18].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Preparasi Sampel

Sampel dipreparasi dengan menggunakan metode destruksi basah. Destruksi bertujuan untuk memutus ikatan senyawa organik dengan logam, agar mencegah unsur-unsur tersebut saling mengganggu, maka salah satu unsur harus dihilangkan dan diharapkan hanya menyisakan logam [20]. Pada proses destruksi, bahan organik dalam sampel dapat didekomposisi menggunakan asam pengoksidasi pekat dan panas [17].

Proses destruksi basah dilakukan dengan menggunakan  $HNO_3$  65% kemudian dipanaskan pada suhu  $\pm 100^\circ C$ . Penggunaan  $HNO_3$  65% bertujuan untuk memecah sampel menjadi senyawa yang mudah terdegradasi. Proses ini menghasilkan gas berwarna kecoklatan yang menunjukkan bahwa bahan organik telah teroksidasi oleh  $HNO_3$  [21].

Setelah terbentuk gas coklat, sampel ditambahkan  $H_2O_2$  30%. Penambahan asam lain berupa  $H_2O_2$  30% berfungsi sebagai katalis yaitu untuk mempercepat reaksi putusnya kadmium dan timbal dengan bahan organik. Penambahan  $H_2O_2$  bertujuan untuk mengoptimalkan proses pendestruksian senyawa organik yang ditandai dengan terbentuknya larutan jernih [17]. Guna mempercepat proses destruksi dilakukan

pemanasan pada suhu  $\pm 100^\circ C$ , karena suhu tersebut berada dibawah titik didih  $HNO_3$  adalah ( $121^\circ C$ ) dan  $H_2O_2$  ( $150,2^\circ C$ ), sehingga proses destruksi akan berjalan sempurna yang ditandai dengan larutan yang menjadi jernih [21].

Setelah proses destruksi selesai, larutan sampel didinginkan. Larutan hasil destruksi kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur dan diencerkan dengan aquabides hingga tanda batas. Kemudian larutan disaring untuk memisahkan sampel dari pengotor-pengotor. Filtrat yang diperoleh diukur absorbansinya menggunakan AAS pada panjang gelombang 228,8 nm untuk  $Cd^{2+}$  dan 283,3 nm untuk  $Pb^{2+}$  [22].

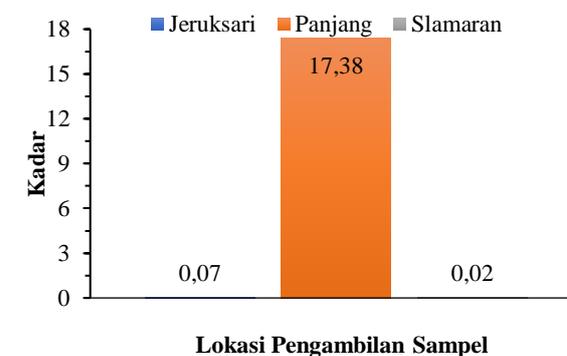
### Kurva Standar $Cd(NO_3)_2$ dan $Pb(NO_3)_2$

Absorbansi kurva standar diukur dengan AAS pada panjang gelombang yang spesifik untuk  $Cd^{2+}$  dan  $Pb^{2+}$ . Pengukuran absorbansi  $Cd^{2+}$  dilakukan pada panjang gelombang 228,8 nm dan untuk  $Pb^{2+}$  dilakukan pada panjang gelombang 283,3 nm. Panjang gelombang ini dipilih karena termasuk panjang gelombang yang paling kuat menyerap garis untuk transisi elektronik dari tingkat dasar ke tingkat eksitasi [20]. Kemudian hasil pengukuran absorbansi diplot menjadi kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis linear.

Persamaan garis linear  $Cd^{2+}$  yaitu  $y = 0,23411x + 0,0011267$  dengan koefisien korelasi (r) adalah 0,9996, dan persamaan garis linear  $Pb^{2+}$  yaitu  $y = 0,0099217x + 0,00019301$  dengan koefisien korelasi (r) adalah 0,9983. Nilai tersebut sesuai dengan parameter linearitas yang baik yaitu dengan nilai koefisien korelasi  $\geq 0,995$  [23].

### Penentuan Kadar $Cd^{2+}$ dan $Pb^{2+}$

Penentuan kadar  $Cd^{2+}$  dalam sampel dilakukan dengan menggunakan AAS. Hasil destruksi dari sampel diukur absorbansinya pada panjang gelombang 228,8 nm untuk kadmium. Hasil analisis kadmium pada AAS dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Kadar Kadmium Pada Sampel (mg/Kg)

Pada Gambar 1, dapat dilihat bahwa kadar kadmium dalam sampel (mg/Kg) untuk sampel yang berasal dari tambak Jeruksari, Panjang dan Slamaran secara berturut-turut sebesar 0,07 mg/Kg, 17,38 mg/Kg dan 0,02 mg/Kg. Berdasarkan Peraturan BPOM No. 5 Tahun 2018, batas maksimum logam kadmium dalam ikan dan produk olahannya adalah sebesar 0,1 mg/Kg. Secara keseluruhan, kadar logam kadmium tertinggi adalah sebesar 17,38 mg/Kg yang berasal dari sampel ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) dari tambak Panjang dan kadar tersebut melebihi ambang batas yang telah ditetapkan.

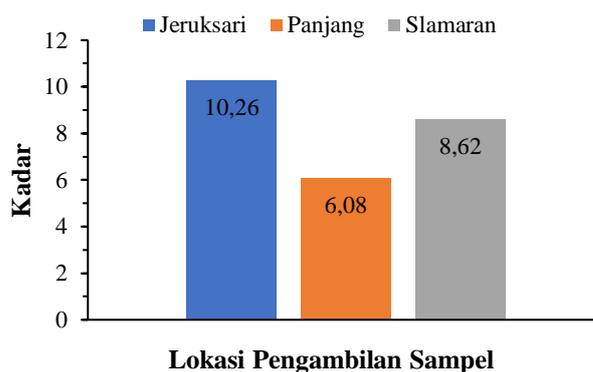
Kadar kadmium pada sampel yang berasal dari tambak Panjang lebih tinggi dibandingkan dengan dua tambak lainnya. Hal tersebut disebabkan karena saat pengambilan sampel di tambak Panjang setelah adanya keadaan curah hujan yang cukup lebat yang mengguyur Kota Pekalongan sehingga sungai di sekitar turut meluap dan terjadi banjir rob. Terjadinya curah hujan yang cukup lebat menyebabkan kadar salinitas perairan tambak menjadi rendah. Salinitas dapat mempengaruhi keberadaan logam berat dalam air. Tingkat salinitas yang rendah menyebabkan naiknya konsentrasi logam berat karena logam berat yang terlarut dalam air membentuk ion bebas dan ion-ion pasangan anorganik secara alami. Salinitas yang rendah menunjukkan bahwa kandungan ion garam utama juga rendah. Oleh karena itu, jumlah kompleks kecil ion garam berkurang, yang dapat meningkatkan kation bebas logam berat [24].

Banjir dan luapan sungai juga membawa hasil limbah-limbah industri dan rumah tangga dan dapat masuk serta terakumulasi dalam tambak. Lokasi pengambilan juga berada di kawasan perumahan yang terdapat beberapa rumah sudah tidak berpenghuni yang memungkinkan sisa-sisa dari barang dan konstruksi yang sudah tenggelam yang mengandung logam berat dapat masuk ke perairan tempat berkembang biaknya ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). Sebagian besar dari bahan kimia berbahaya ini disimpan di permukaan jalan raya dan jalan perkotaan dan akhirnya diangkut ke badan air lokal oleh limpasan air hujan yang merupakan aliran utama sumber penurunan kualitas air di daerah perkotaan. Analisis dari hasil tes menegaskan bahwa limpasan air hujan dari kawasan industri menimbulkan ancaman nyata bagi lingkungan karena membawa sejumlah besar logam berat yang memiliki dampak negatif terhadap lingkungan [25]. Sumber pencemaran kadmium sendiri dapat berasal dari baterai, plastik, keramik,

cat, pelapis besi, dan zat pewarna dalam industri tekstil [26], [27].

Kadmium mampu mengganggu kesehatan bila kadar yang terkandung melebihi batas yang telah ditetapkan. Kadmium dapat tertimbun dalam tubuh, terutama dalam hati dan ginjal yang dapat mengganggu fungsi organ-organ tersebut. Efek lainnya yang dapat timbul antara lain muntah, diare, gangguan pada sistem reproduksi, kerusakan sistem saraf pusat, serta dapat bersifat karsinogenik [11], [26]. Kadmium dapat menyebabkan hiperkalsiuria, osteoporosis, meningkatnya resiko hipertensi, pembentukan batu ginjal, serta kerusakan pada paru-paru [26], [28]. Efek-efek kadmium tersebut tidak secara langsung dapat dirasakan karena waktu paruh kadmium untuk dapat menimbulkan efek toksik adalah 10-30 tahun [26].

Penentuan kadar  $Pb^{2+}$  dalam sampel dilakukan dengan menggunakan AAS. Hasil destruksi dari sampel diukur absorbansinya pada panjang gelombang 283,3 nm untuk timbal. Hasil analisis timbal pada AAS dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik Kadar Timbal Pada Sampel (mg/Kg)

Berdasarkan Peraturan BPOM No.5 Tahun 2018, batas maksimum logam timbal dalam ikan dan produk olahannya adalah sebesar 0,2 mg/Kg. Secara keseluruhan, kadar logam timbal dari ketiga tambak melebihi ambang batas yang telah ditetapkan. Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa kadar timbal dalam sampel (mg/Kg) untuk sampel yang berasal dari tambak Jeruksari, Panjang dan Slamaran secara berturut-turut adalah sebesar 10,26 mg/Kg, 6,08 mg/Kg dan 8,62 mg/Kg.

Kadar timbal pada sampel yang berasal dari tambak Jeruksari lebih tinggi dibandingkan dengan dua tambak lainnya. Hal tersebut kemungkinan disebabkan karena perairan tambak dan sungai yang ada di sekitar lokasi pengambilan sampel menjadi satu sehingga memungkinkan limbah-limbah rumah

tangga dan industri yang terkandung dalam aliran sungai dapat masuk ke tambak dan terakumulasi dalam ikan mujair yang berkembang biak dalam tambak. Sumber pencemaran timbal sendiri dapat berasal dari kabel, baterai, detonator bensin, keramik dan pipa penyambung [26], [29].

Timbal mampu masuk ke dalam tubuh manusia dan mengganggu kesehatan bila kadar yang terkandung melebihi batas yang telah ditetapkan. Timbal dalam konsentrasi yang tinggi mampu menghambat aktivitas enzim [13]. Efek toksik timbal mampu menimbulkan kerusakan di sistem saraf, endokrin, kardiovaskular, reproduksi, urinaria dan ginjal. Timbal dapat menyebabkan terjadinya insomnia, vertigo, epilepsi, halusinasi, anemia, anoreksia, disleksia, hipertensi, gagal ginjal, kekurangan iodium, penurunan kesuburan, abortus dan kelahiran dini serta penghambatan enzim ALAD [26].

## KESIMPULAN

Hasil penetapan kadar cemaran Cd<sup>2+</sup> dari tambak Jeruksari, Panjang dan Slamaran secara berurutan sebesar 0,07 mg/Kg, 17,38 mg/Kg dan 0,02 mg/Kg, serta cemaran Pb<sup>2+</sup> dari tambak Jeruksari, Panjang, dan Slamaran secara berurutan sebesar 10,26 mg/Kg, 6,08 mg/Kg dan 8,62 mg/Kg. Kadar Cd<sup>2+</sup> pada tambak Panjang melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh BPOM yaitu 0,1 mg/Kg, sedangkan kadar Pb<sup>2+</sup> pada ketiga tambak melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh BPOM yaitu 0,2 mg/Kg.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Minarsih, "Penetapan Kadar Cadmium (Cd) dan Timbal (Pb) dalam Kerang Hijau (*Perna Viridis*) dari Perairan Kota Pekalongan," *J. Surya Muda*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2019.
- [2] Kiswanto, L. N. Rahayu, and Wintah, "Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Teknologi Membran Nanofiltrasi di Kota Pekalongan," *J. Litbang Kota Pekalongan*, vol. 17, pp. 72–82, 2019.
- [3] A. Sukoasih, T. Widiyanto, and Suparmin, "Hubungan Antara Suhu, pH Dan Berbagai Variasi Jarak Dengan Kadar Timbal (Pb) Pada Badan Air Sungai Rompang Dan Air Sumur Gali Industri Batik Sokaraja Tengah Taun 2016," *Politek. Kesehat. Kemenkes Semarang*, pp. 360–368, 2016.
- [4] S. J. Cobbina, A. B. Duwiejuah, R. Quansah, S. Obiri, and N. Bakobie, "Comparative Assessment of Heavy Metals in Drinking Water Sources in Two Small-Scale Mining Communities in Northern Ghana," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 12, no. 9, pp. 10620–10634, 2015, doi: 10.3390/ijerph120910620.
- [5] M. A. Ashraf, M. J. Maah, and I. Yusoff, "Bioaccumulation of Heavy Metals in Fish Species Collected From Former Tin Mining Catchment," *Int. J. Environ. Res.*, vol. 6, no. 1, pp. 209–218, 2012.
- [6] E. A. Renieri *et al.*, "Cd, Pb and Hg Biomonitoring in Fish of the Mediterranean Region and Risk Estimations on Fish Consumption," *Toxics*, vol. 2, pp. 417–442, 2014, doi: 10.3390/toxics2030417.
- [7] R. Hashim, T. H. Song, N. Z. M. Muslim, and T. P. Yen, "Determination of Heavy Metal Levels in Fishes from the Lower Reach of the Kelantan River, Kelantan, Malaysia," *Trop. Life Sci. Res.*, vol. 25, no. 2, pp. 21–39, 2014.
- [8] N. Islami, "Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Dan Cadmium (Cd) Pada Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) Di Sungai Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo Dan Implementasinya Sebagai Bahan Ajar Materi Pencemaran Lingkungan Di SMA," Universitas Muhammadiyah Surabaya, Surabaya, 2017.
- [9] W. Mahalina, Tjandrakirana, and T. Purnomo, "Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dalam Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang Hidup di Sungai Kali Tengah, Sidoarjo," *LenteraBio*, vol. 5, no. 1, pp. 43–47, 2016.
- [10] H. A. Sanjivanie, N. K. T. Martuti, and S. Ngabekti, "Bioakumulasi Kadmium pada Ikan Bandeng di Tambak Wilayah Tapak Semarang," *Life Sci.*, vol. 6, no. 1, pp. 18–23, 2017.
- [11] S. Rusmalina, M. A. Anindhita, and H. Soeprapto, "Analisis Kandungan Logam Berat Cd Pada Ikan Lele (*Clarias sp*) yang Dibudidayakan di Kota Pekalongan," *Pros. Semin. Nas. Pangan, Energi, dan Lingkung.*, pp. 79–81, 2015.
- [12] BPOM RI, *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan Olahan*. BPOM

- RI, 2018.
- [13] S. Yulaipi and Aunurohim, "Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Hubungannya dengan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*)," *J. Sains dan Seni Pomits*, vol. 2, no. 2, pp. 166–170, 2013.
- [14] M. Nasir, *Spektrometri Serapan Atom*, I. Aceh: Syiah Kuala University Press, 2019.
- [15] Mutmainna, "Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air Laut Dan Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) Di Perairan Laut Sinjai," UIN Alauddin Makassar, Makassar, 2018.
- [16] A. K. M. A. Ullah, M. A. Maksud, S. R. Khan, L. N. Lutfi, and S. B. Quraishi, "Dietary Intake of Heavy Metals from Eight Highly Consumed Species of Cultured Fish and Possible Human Health Risk Implications in Bangladesh," *Toxicol. Reports*, vol. 4, pp. 574–579, 2017, doi: 10.1016/j.toxrep.2017.10.002.
- [17] Y. D. Yatimah, "Analisa Cemar Logam Berat Kadmium Dan Timbal Pada Beberapa Merek Lipstik Yang Beredar Di Daerah Ciputat Dengan Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)," UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2014.
- [18] L. Ramdanawati, E. Emawati, and B. E. Asmayati, "Analisis Kadar Cemar Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Sampel Ikan Air Tawar dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)," *Farmagazine*, vol. IV, no. 2, pp. 26–30, 2017.
- [19] A. Y. Nasution and R. I. Indriani, "Penetapan Kadar Timbal pada Minyak Ikan Patin (*Pangasius hypophthalmus*) dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom," *J. Prot. Kesehat.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–5, 2021.
- [20] D. C. Dewi, "Determinasi Kadar Logam Timbal (Pb) Dalam Makanan Kaleng Menggunakan Destruksi Basah Dan Destruksi Kering," *Alchemy*, vol. 2, no. 1, pp. 12–25, 2012.
- [21] E. A. Wulandari and Suksesi, "Preparasi Penentuan Kadar Logam Pb, Cd dan Cu dalam Nugget Ayam Rumput Laut Merah (*Eucheuma cottonii*)," *J. Sains dan Seni Pomits*, vol. 2, no. 2, pp. C-15–17, 2013.
- [22] O. Y. Afrizki, "Analisis Kadar Timbal pada Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Sungai Lesti Kabupaten Malang dengan Menggunakan Metode Spektroskopi Serapan Atom (SSA)," Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2018.
- [23] AOAC, *Official Methods of Analysis Heavy Metals in Food*, Association of Official Analytical Chemists. Arlington: AOAC, 2015.
- [24] A. L. Hakim, "Bioakumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Udang Windu (*Penaeus monodon*) di Tambak Tradisional Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo," Universitas Airlangga, Surabaya, 2016.
- [25] J. Milik and R. Pasela, "Analysis of Concentration Trends and Origins of Heavy Metal Loads in Stormwater Runoff in Selected Cities : A Review," *E3S Web Conf.*, vol. 44, no. 00111, pp. 1–8, 2018.
- [26] R. Adhani and Husaini, *Logam Berat Sekitar Manusia*, II. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press, 2017.
- [27] F. Istarani and E. S. Pandebesie, "Studi Dampak Arsen (As) dan Kadmium (Cd) terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan," *J. Tek. Pomits*, vol. 3, no. 1, pp. 53–58, 2014.
- [28] B. D. Madusari, H. Pranggono, and Linayati, "Analisis Kandungan Timbal (Pb), Cadmium (Cd) pada Air dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) di Tambak Kota dan Kabupaten Pekalongan," in *Prosiding Seminar Nasional Tahunan Ke-V Hasil-Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan*, 2016, pp. 658–668.
- [29] S. Ridhowati, *Mengenal Pencemaran Ragam Logam*, I. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.