

Studi Kandungan Logam Berat pada Tambak Budidaya di Desa Topejawa

(*Study of Heavy Metal Content in Aquaculture Ponds in Topejawa Village*)

Nursyahrani^{1*}, Arnold Kabangnga², Lilis Andriani¹

¹Program Studi Budidaya Perairan, Institut Teknologi dan Bisnis Maritim Balik Diwa

²Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Institut Teknologi dan Bisnis Maritim Balik Diwa

*Corresponding author: nursyahrani00@gmail.com

ABSTRACT

Fish Farming with Water Sources from Rivers, Estuaries, and the Sea (Coastal Areas) is Highly Susceptible to Pollution. Heavy metal contamination in estuary and coastal areas is considered a serious environmental issue and can harm aquatic organisms. This study aims to determine the content of heavy metals in fish and pond water under tidal conditions in Topejawa Village using an Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) device. The method used is purposive sampling, consisting of three station points for fish and tidal pond water sampling. The results of this study show that the heavy metal content in milkfish (*Chanos chanos*) was found to be as follows: arsenic (As) 0.0135 – 0.05 µg/g, mercury (Hg) 0.0005 µg/g, and lead (Pb) 0.115 µg/g – 0.017 µg/g. Meanwhile, the heavy metal content in tidal pond water was arsenic (As) 0.01 mg/L, mercury (Hg) 0.0005 mg/L, and lead (Pb) 1 mg/L. The heavy metal content in the aquaculture ponds was still below the threshold established by the National Standardization Agency.

Keyword: *Chanos chanos*, Heavy metals, Tidal pond water

ABSTRAK

Budidaya ikan dengan sumber air dari sungai, muara dan laut (pantai) sangat rentan terhadap pencemaran. Kontaminasi logam berat di daerah muara dan pesisir dipandang sebagai masalah serius bagi lingkungan dan dapat membahayakan organisme perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan logam berat pada ikan dan air tambak pada kondisi pasang dan surut di Desa Topejawa menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Teknik yang digunakan *purposive sampling* terdiri atas III titik stasiun pengambilan sampel ikan dan pengambilan air tambak pasang surut. Hasil penelitian ini menunjukkan kandungan logam pada ikan bandeng (*Chanos chanos*) pada arsen (As) 0,0135 – 0,05 µg/g, merkuri (Hg) 0,0005 µg/g dan timbal (Pb) 0,115 µg/g – 0,017 µg/g. sedangkan kandungan logam pada air tambak pasang dan surut sebesar arsen (As) 0,01 mg/L, merkuri (Hg) 0,0005 mg/L dan timbal (Pb) 1 mg/L. Kandungan logam berat pada tambak budidaya masih di bawah ambang batas Badan Standardisasi Nasional

Kata Kunci: Bandeng, Logam berat, Air tambak, Pasang surut

©Prosiding Seminar Nasional PKP I 2024

e-ISSN: 3090-305X

1. Pendahuluan

Peningkatan konsentrasi logam berbahaya di lingkungan perairan dapat menyebabkan gangguan pada pertumbuhan ikan dan reproduksi ikan [6]. Selain itu, dampak buruk dari logam berat yaitu mengurangi plastisitas respon kardiorespirasi dan karenanya mengurangi kelangsungan hidup ikan di lingkungan [18]. kemampuannya bertahan dalam jaringan tubuh dalam waktu lama, sifatnya yang non-

biodegradabel, dan kemampuannya untuk terakumulasi. Logam juga dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui inhalasi, konsumsi, dan penyerapan lewat kulit [17, 18].

Budidaya ikan dengan sumber air dari sungai, muara dan laut (pantai) sangat rentan terhadap pencemaran. Kontaminasi logam berat di daerah muara dan pesisir dipandang sebagai masalah lingkungan yang serius sebagaimana yang diungkapkan beberapa penelitian diantaranya [7, 9, 15, 21].

Wilayah muara dan pesisir sering kali menjadi area yang terdampak signifikan oleh pencemaran dari aktivitas di hulu sungai. Hal ini disebabkan oleh sifat aliran sungai yang membawa material, termasuk limbah industri atau rumah tangga, dari bagian hulu ke hilir, yang akhirnya bermuara di pesisir.

Logam berat di lingkungan pesisir dapat menyebabkan akumulasi bahan toksik dalam sedimen dan organisme hidup. Organisme yang tinggal di atau dekat dengan dasar perairan sering kali terpapar lebih langsung pada kontaminan ini, yang kemudian dapat berpindah melalui rantai makanan hingga berdampak pada kesehatan manusia. Pola distribusi dan faktor-faktor yang mempengaruhi akumulasi logam berat di muara, kombinasi dari sumber pencemaran antropogenik dan kondisi fisik muara, seperti kecepatan arus rendah, mendukung pengendapan partikel polutan, yang mengarah pada konsentrasi logam berat yang lebih tinggi di lapisan sedimen.[4, 22].

Salah satu daerah pesisir di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki potensi wilayah pengembangan budidaya tambak adalah pesisir Desa Topejawa Kecamatan

Mangarabombang Kabupaten Takalar. Petambak membudidayakan ikan bandeng (*Chanos chanos*), udang dan jenis rumput laut *Gracilaria*. Sedangkan komoditas paling banyak dibudidayakan adalah ikan bandeng.

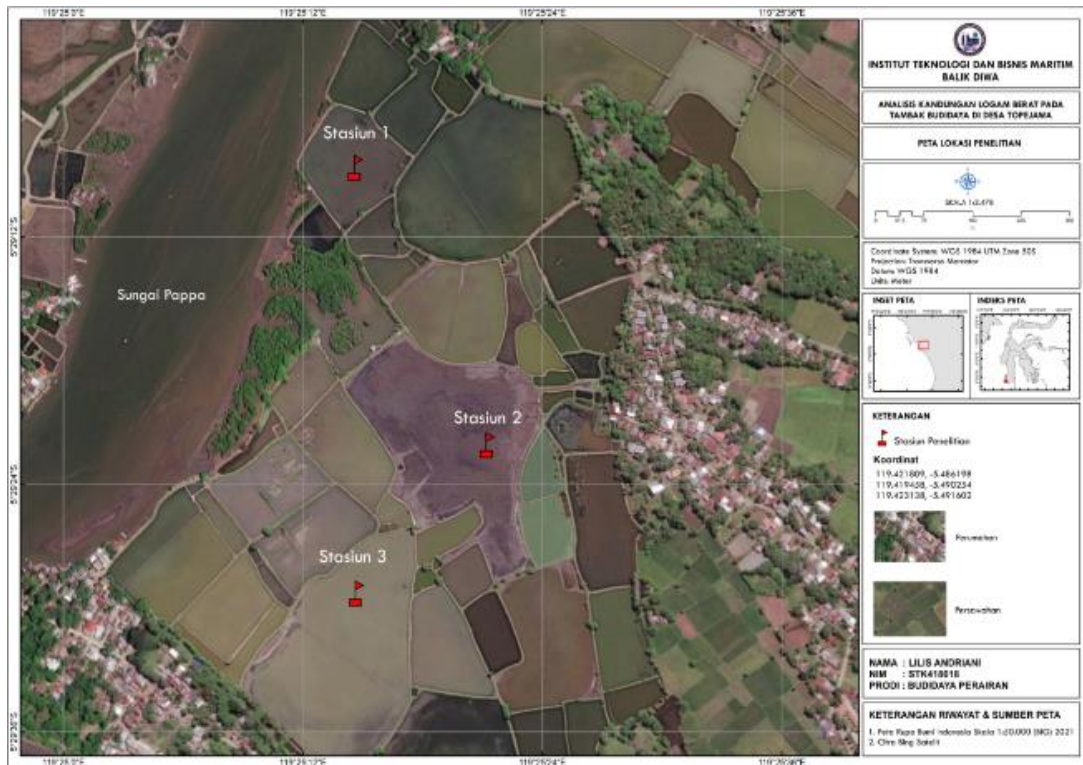
2. Metode Penelitian

2.1. Materi Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: botol sampel, Sterofoam, Beaker glass, Labu Ukur, mikropipet, cawan petri, timbangan digital, *Atomic absorption spectrophotometer* (AAS).

2.2. Prosedur Penelitian

Survei awal dilakukan untuk menentukan lokasi pengambilan sampel. Pengambilan titik lokasi pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Selain itu juga dilakukan pengamatan di sekitar lokasi terkait aktivitas masyarakat yang berhubungan dengan tambak budidaya. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel penelitian

Pengambilan Sampel Air Tambak

Sampel air diambil pada setiap titik stasiun yang telah ditentukan yaitu pada saat air tambak pasang dan surut. Sampel air diambil dengan menggunakan botol plastik sebanyak 600 ml. Sampel dimasukkan ke dalam kotak pendingin es untuk menghentikan perubahan biologis atau kimiawi. Setelah itu, kotak pendingin ditutup rapat dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kandungan logam beratnya menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).

Pengambilan Sampel Air Ikan Bandeng

Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Daging ikan diambil secara acak (kepala, tengah dan ekor), kemudian dimasukkan ke dalam cawan petri lalu dicacah. Daging ikan yang telah dicacah kemudian dihaluskan hingga tidak ada lagi gumpalan daging ikan. Setelah itu, ditimpang sebanyak 5 g dan dimasukkan ke dalam tanur selama 9 jam dengan suhu 708 °C dan 650 °C hingga berbentuk abu. Sampel kemudian dikeluarkan lalu diberi larutan asam nitrat sebanyak < 2 ml dan dipanaskan di atas kompor listrik hingga kering. Selanjutnya di beri HCl 37 % sebanyak 2 ml, lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml dan di tambahkan akuades hingga mencapai 50 ml. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam botol kaca, kemudian kandungan logam beratnya diukur dengan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).

Pengujian Kandungan Logam Berat Sampel pada Air Tambak dan Ikan Bandeng

Analisis sampel ikan bandeng serta air tambak pasang dan surut dilakukan di Laboratorium Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar untuk mengetahui kadar logam Hg, As dan Pb dengan menggunakan teknik *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).

AAS digunakan untuk analisis logam. Prosedur pengoperasian AAS adalah dengan cara menyalakan alat kemudian menyedot 100 ml larutan standar ke dalam api udara asetilen. Lalu memasukkan sampel dan larutan standar ke dalam tabung reaksi yang disertakan dengan alat dan menyesuaikan pengaturan

pada komputer perangkat AAS pengguna. Memutar pada nyala api dan lampu katoda AAS dan tekan tombol nol untuk menandakan bahwa pembacaan pengukuran adalah nol. AAS digunakan untuk menganalisis larutan standar satu demi satu, diikuti dengan larutan sampel (ikan dan air) dan larutan blanko 50 ml. Kandungan logam dalam larutan akan dicatat oleh komputer secara otomatis dan kemudian hasilnya dihitung.

2.3. Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati adalah kandungan logam berat pada air tambak dan ikan bandeng yang meliputi As, Pb, dan Hg. Adapun formula yang digunakan untuk menentukan kandungan logam berat dalam air tambak menggunakan formula 1 dan pada ikan bandeng menggunakan formula 2 [8].

$$\text{Kadar logam (mg/L)} = \frac{C_{\text{reg}}}{1000} \quad (1)$$

Keterangan:

C_{reg} = Konsentrasi terbaca (mg/L)

$$\text{Kadar logam } (\mu\text{g/L}) = \frac{\frac{C_{\text{reg}}}{1000} \times V}{\text{Bobot sampel (g)}} \quad (2)$$

Keterangan :

C_{reg} = Konsentrasi terbaca ($\mu\text{g/g}$)

V = Volume larutan sampel (L)

2.4. Analisis Data

Analisis data yang digunakan adalah analisis data kuantitatif, data di olah pada *microsoft excel* dalam bentuk grafik [19].

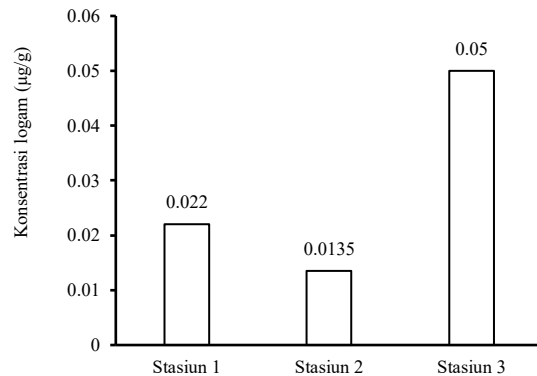
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kandungan Logam Berat Ikan Bandeng

Kandungan Arsen (As)

Hasil pengujian kandungan arsen pada ikan bandeng disajikan pada Gambar 2. Berdasarkan hasil uji kandungan logam arsen (As) pada ikan bandeng, ditemukan bahwa konsentrasi arsen bervariasi antara 0,0135 – 0,05 $\mu\text{g/g}$. Stasiun 1 (hulu sungai). Stasiun 2 (bagian tengah sungai). Ikan bandeng menunjukkan kandungan arsen terendah pada titik ini, yaitu sebesar 0,0135 $\mu\text{g/g}$. Stasiun 3 (muara sungai/hilir sungai). Di stasiun ini, ikan

bandeng mengandung arsen tertinggi, yakni sebesar 0,05 $\mu\text{g/g}$. Tingginya akumulasi logam berat arsen (As) pada stasiun 3 diakibatkan akumulasi logam berat pada air dikarenakan sumber air tambak berasal dari muara Sungai Pappa yang terkontaminasi logam berat. Akumulasi arsen di duga berasal dari seperti, erosi tanah, pembakaran bahan bakar fosil, pupuk dan aplikasi pestisida [5].

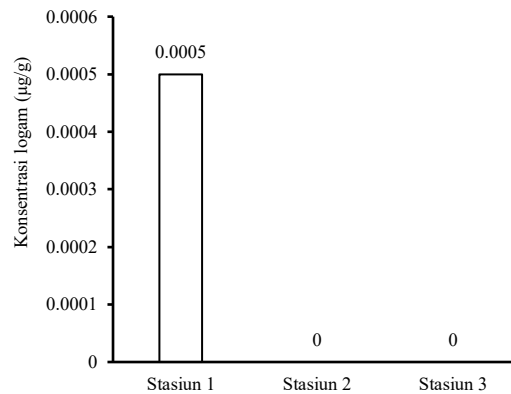


Gambar 2. Kandungan arsen (As) Pada Ikan bandeng di Tambak Budidaya Desa Topejawa.

Keberadaan logam dan pestisida itu sendiri dapat mempengaruhi organisme secara langsung maupun tidak langsung. Logam berat berpotensi menyebabkan efek buruk pada kesehatan manusia melalui rantai makanan. Kontaminasi rantai makanan dengan logam berat berbahaya karena bersifat persisten terhadap lingkungan tercemar dan non-biodegradable memiliki waktu paruh biologis yang panjang [13]. Logam berat bersifat racun bagi manusia bahkan pada konsentrasi yang sangat rendah yang tepat dalam organisme hidup. Kontaminasi bahan makanan dengan logam berat merupakan masalah kesehatan global di seluruh dunia terutama di kota-kota besar negara berkembang [11]. Standar Nasional Indonesia (SNI) menetapkan batas maksimal cemaran arsenik (As) pada makanan adalah 1,0 mg/kg. Demikian pula ambang batas As adalah 1,0 mg/kg, berdasarkan Undang-Undang Nomor 7 Tahun 1996 tentang Pangan.

Kandungan Merkuri (Hg)

Hasil pengujian kandungan merkuri (Hg) pada ikan bandeng disajikan pada Gambar 3.



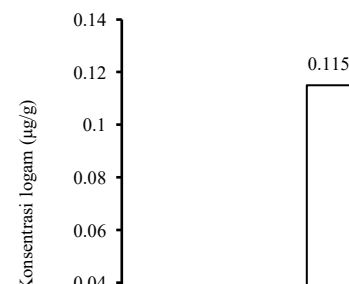
Gambar 3. Kandungan merkuri (Hg) pada ikan bandeng di tambak Budidaya Desa Topejawa.

Kandungan logam berat merkuri (Hg) pada ikan bandeng sebanyak 0,0005 $\mu\text{g/g}$ pada stasiun 1. Stasiun 2 dan 3 tidak terdeteksi, karena konsentrasi hasil pengujian berada dibawah batas hasil ASS. Kandungan logamnya diduga tidak terdeteksi di pengaruhi lokasi penelitian. Stasiun 1 terletak di hulu di tepi Sungai Pappa, Stasiun 2 di tengah, dan Stasiun 3 di hilir, atau di muara sungai.

Pencemaran logam dapat terakumulasi dalam rantai makanan, air, tanah dan udara [12]. Logam berat menimbulkan risiko lingkungan yang parah bagi ikan, manusia, dan invertebrata. Hubungan antara status ekologi organisme akuatik dan konsentrasi logam esensial dan non-esensial [1]. Bahaya logam merkuri (Hg) bagi manusia dapat menyebabkan masalah kesehatan pada manusia, keracunan logam dapat membahayakan jaringan, khususnya yang terlibat dalam detoksifikasi dan ekskresi (hati dan ginjal). berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 876 Tahun 2001.

Kandungan Timbal (Pb)

Hasil pengujian kandungan timbal pada ikan bandeng disajikan pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4, hasil pengujian kandungan logam berat timbal (Pb) di ikan bandeng sebanyak 0,115 $\mu\text{g/g}$ – 0,017 $\mu\text{g/g}$. Kandungan logam berat tertinggi ada pada stasiun 2 sebesar 0,115 $\mu\text{g/g}$ dan kandungan terendah sebesar 0,017 $\mu\text{g/g}$ diperoleh pada titik stasiun 1 pada ikan bandeng.



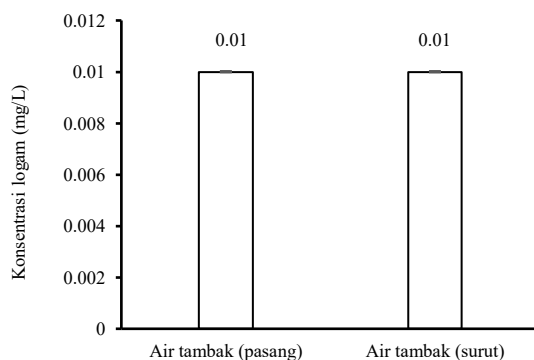
Gambar 4. Kandungan timbal (Pb) pada ikan bandeng di tambak Budidaya Desa Topejawa.

Tingginya akumulasi logam timbal (Pb) pada stasiun 2 diduga berasal dari lahan pertanian, limbah domestik dan tambak yang berada di sekitarnya. Akumulasi logam disebabkan tidak adanya saluran khusus pembuangan limbah hasil budidaya. Aliran limbah budidaya di salurkan ke tambak yang berada di sekitarnya. Batas maksimum kontaminasi logam berat timbal (Pb) adalah 0,3 mg/kg (atau 0,3 µg/g) dalam bahan pangan, sehingga kandungan timbal pada ikan masih dalam batas yang dapat ditolerir.

3.2. Kandungan Logam Berat Air Tambak

Kandungan Arsen (As)

Hasil pengujian kandungan arsen pada air tambak disajikan pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5, hasil pengujian kandungan arsen (As) pada air tambak pasang dan surut sebesar 0,01 mg/L.



Gambar 5. Kandungan arsen (As) pada air tambak di Desa Topejawa.

Arus di Sungai Pappa cukup kuat yang mengakibatkan rendahnya kandungan logam

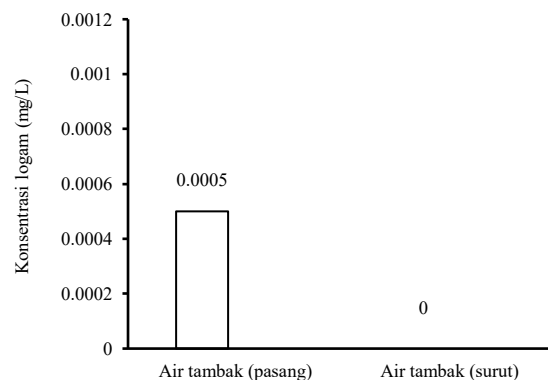
pada perairan. Selain itu, logam berat dalam limbah dibuang ke sungai dapat mempengaruhi ekologi perairan yang memiliki efek jangka panjang pada plankton dan ikan [20].

Akumulasi logam berat di budidaya perikanan telah menjadi masalah utama bagi lingkungannya yang berada di kawasan pesisir. Ekosistem perairan dapat terkontaminasi oleh akumulasi logam berat melalui emisi dari lahan pertanian pengaplikasian pupuk dan pestisida yang mengandung logam berat yang semakin tinggi di kawasan pesisir.

Pencemaran logam berat di wilayah pesisir telah diidentifikasi sebagai kontaminan yang parah, karena polutan ini di lingkungan perairan dapat membahayakan kehidupan air dan membahayakan. Budidaya ikan yang mengambil air dari sungai, muara dan daerah pesisir, sehingga rentan terhadap pencemaran dari luar dan produk (ikan) dapat menimbulkan masalah kesehatan jika dikonsumsi karena belum melampaui baku mutu PP Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menetapkan batas aman konsentrasi logam berat 0,05 mg/L [14], maka baku mutu kandungan logam berat arsenik (As) masih memenuhi syarat.

Kandungan Merkuri (Hg)

Hasil pengujian kandungan merkuri pada air tambak disajikan pada Gambar 6.



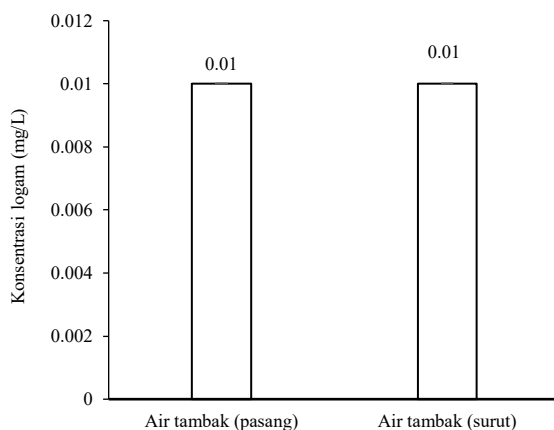
Gambar 6. Kandungan merkuri (Hg) pada air tambak di Desa Topejawa.

Kandungan merkuri pada air tambak pasang sebesar 0,0005 mg/L, sedangkan kandungan logam merkuri pada air tambak

surut tidak terdeteksi kandungannya. Diduga adanya kandungan logam pada air tambak pasang yang bersumber limbah domestik masyarakat dan limbah pertanian yang mengalir ke sungai, muara dan laut yang telah terkontaminasi oleh logam [3]. Kawasan pesisir sangat berpotensi terjadi pencemaran dikarenakan banyaknya hasil limbah buangan dari pertanian, limbah perkotaan yang dibuang ke sungai dan mengalir ke laut. Limbah tersebut memiliki dampak negatif yang dapat merusak ekosistem perairan dan membahayakan organisme perairan maupun manusia [10]. Kandungan merkuri masih di bawah ambang batas 2 mg/L untuk usaha budidaya ikan.

Kandungan Timbal (Pb)

Hasil pengujian kandungan timbal pada air tambak disajikan pada Gambar 7. Kandungan logam timbal (Pb) pada air tambak pasang dan surut sebesar 1 mg/L.



Gambar 7. Kandungan timbal (Pb) pada air tambak di Desa Topejawa

Sumber potensial logam untuk lingkungan perairan termasuk pelapukan geokimia alami tanah, batuan dan aktivitas manusia seperti pemupukan pertanian dan pestisida [16]. Meskipun kadar logam dalam air lebih rendah dan kadar yang tersimpan dalam ikan. Logam seperti Pb dapat menimbulkan ancaman toksisitas bagi manusia dan ekosistem bahkan pada konsentrasi yang rendah. Faktor bioakumulasi atau *Bio-Concentration Factor* (BCF) adalah ukuran yang digunakan untuk menentukan kemampuan organisme, seperti ikan, kerang atau tumbuhan air, dalam mengakumulasi

logam berat atau bahan kimia tertentu dari lingkungan sekitarnya (air atau sedimen). Perairan muara adalah zona transisi antara daratan dan lautan dan menyediakan banyak fungsi dan jasa ekosistem yang penting. Kadar timbal pada logam berat tersebut masih berada di bawah ketentuan SNI 7387:2009 yang sebesar 0,3 [2].

4. Kesimpulan

Kandungan logam berat pada ikan bandeng dan air tambak dalam kondisi pasang dan surut di Desa Topejawa masih menunjukkan nilai yang dapat ditolerir sesuai dengan batas kandungan cemaran yang ditetapkan.

Daftar Pustaka

- [1] Ahmed, Q., Mohammad Ali, Q. dan Bat, L. 2017. Assessment of heavy metals concentration in holothurians, sediments and water samples from coastal areas of Pakistan (Northern Arabian Sea). *Journal of Coastal Life Medicine*. 5, 5 (2017), 191–201. DOI: <https://doi.org/10.12980/jclm.5.2017j7-56>.
- [2] Badan Standarisasi Nasional Indonesia 2009. *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan*. https://sertifikasibbia.com/upload/logam_berat.pdf.
- [3] Beldowska, M. dan Kobos, J. 2016. Mercury concentration in phytoplankton in response to warming of an autumn - Winter season. *Environmental Pollution*. 215, (2016), 38–47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.002>.
- [4] Bhuyan, M.S., Bakar, M.A., Akhtar, A., Hossain, M.B., Ali, M.M. dan Islam, M.S. 2017. Heavy metal contamination in surface water and sediment of the Meghna River, Bangladesh. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*. 8, April (2017), 273–279. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2017.10.003>.
- [5] Choi, K.R. dan Easterlin, M.C. 2018. Intervention models for increasing

- access to behavioral health services among youth: A systematic review. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*. 39, 9 (2018), 754–762. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2016.06.020>.
- [6] Darko, G., Dodd, M., Nkansah, M.A., Aduse-Poku, Y., Ansah, E., Wemegah, D.D. dan Borquaye, L.S. 2017. Distribution and ecological risks of toxic metals in the topsoils in the Kumasi metropolis, Ghana. *Cogent Environmental Science*. 3, 1 (2017), 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311843.2017.1354965>.
- [7] Dural, M., Göksu, M.Z.L. dan Özak, A.A. 2007. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. *Food Chemistry*. 102, 1 (2007), 415–421. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.001>.
- [8] Fentz, V. 1962. Hypertensive Encephalopathy in a Child. *Acta Neurologica Scandinavica*. 38, 4 (1962), 307–312. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0404.1962.tb01105.x>.
- [9] Hanifah, N.N., RudiYanti, S. dan Ain, C. 2019. Analisis konsentrasi logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) di Sungai Silandak, Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*. 8, 3 (2019), 257–264. DOI: <https://doi.org/10.14710/marj.v8i3.24264>.
- [10] Lewandowska, A.U., Bełdowska, M., Witkowska, A., Falkowska, L. dan Wiśniewska, K. 2018. Mercury bonds with carbon (OC and EC) in small aerosols (PM1) in the urbanized coastal zone of the Gulf of Gdansk (southern Baltic). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 157, March (2018), 350–357. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.097>.
- [11] Muchuweti, M., Birkett, J.W., Chinyanga, E., Zvauya, R., Scrimshaw, M.D. dan Lester, J.N. 2006. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixtures of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: Implications for human health. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 112, 1 (2006), 41–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.04.028>.
- [12] Muslim, I.D., Rafii, A. dan Ghitarina 2023. Bioakumulasi kadmium (Cd), timbal (Pb), dan tembaga (Cu) pada gastropoda di Desa Kersik, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. *Jurnal Ilmu Perikanan Tropis Nusantara (Nusantara Tropical Fisheries Science Journal)*. 2, 1 (2023), 30–40. DOI: <https://doi.org/10.30872/jipt.v2i1.238>.
- [13] Nagajyoti, P.C., Lee, K.D. dan Sreekanth, T.V.M. 2010. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: A review. *Environmental Chemistry Letters*. 8, 3 (2010), 199–216. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10311-010-0297-8>.
- [14] Pemerintah Republik Indonesia 2001. *PP Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.
- [15] Rajeshkumar, S. dan Li, X. 2018. Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China. *Toxicology Reports*. 5, January (2018), 288–295. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.01.007>.
- [16] Ravindra, K., Mor, S. dan Pinnaka, V.L. 2019. Water uses, treatment, and sanitation practices in rural areas of Chandigarh and its relation with waterborne diseases. *Environmental Science and Pollution Research*. 26, 19 (2019), 19512–19522. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04964-y>.
- [17] Resma, N.S., Meaze, A.M.H., Hossain, S., Khandaker, M.U., Kamal, M. dan Deb, N. 2020. The presence of toxic metals in popular farmed fish species and estimation of health risks through their consumption. *Physics Open*. 5, November (2020), 100052. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physo.2020.100052>.
- [18] Sibomana Leonard, L. dan Mahenge, A.

2022. Assessment of water quality from privately owned fish ponds used for aquaculture in Dar es Salaam, Tanzania. *Applied Journal of Environmental Engineering Science*. 8, 1 (2022), 20–33. DOI: <https://doi.org/10.48422/IMIST.PRSM/aje-es-v8i1.29831>.
- [19] Sugiyono 2013. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- [20] Yi, Y.J., Sun, J., Tang, C.H. dan Zhang, S.H. 2016. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment in the upper reach of the Yangtze River. *Environmental Science and Pollution Research*. 23, 11 (2016), 11002–11013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6296-y>.
- [21] Yousif, R., Choudhary, M.I., Ahmed, S. dan Ahmed, Q. 2021. Review: Bioaccumulation of heavy metals in fish and other aquatic organisms from Karachi Coast, Pakistan. *Nusantara Bioscience*. 13, 1 (2021), 73–84. DOI: <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n130111>.
- [22] Zhuang, W. dan Zhou, F. 2021. Distribution, source and pollution assessment of heavy metals in the surface sediments of the Yangtze River Estuary and its adjacent East China Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 164, September 2020 (2021), 112002. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112002>.