



Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Daging Ikan di Tanjung Mas Semarang

Shovina Pradona[✉], Partaya

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Diterima: 1 November 2022

Disetuju: 15 November 2022

Dipublikasikan: 30 November 2022

Keywords: Heavy metals, Lead, Fish meat, Tanjung Mas

Logam berat, Timbal, Daging ikan, Tanjung Mas

Abstract

Tanjung Mas Semarang is located in a coastal area where most of the population live as fishermen, fish processing entrepreneurs and other jobs such as steam power plants, ports, and industry, where these activities have the potential to cause problems, one of which is pollution by heavy metal lead. Seen in the field, it was found that people used fish along the waters for consumption, so it was necessary to pay attention to considering the presence of Pb contaminants which are toxic, carcinogenic, accumulation and Keywords :bioamgnification which can have a negative impact on humans, namely the emergence of disease. This study aims to determine the Accumulation, Lead (Pb), content of heavy metal Pb in water and which accumulates in fish meat. The study used an observational design with the Tanjung Mas Semarang determination of sampling using purposive random sampling technique. Testing the heavy metal content of Pb using AAS (Atomic Absorbtion Spectrophotometry) spectrophotometer. The results showed that the concentration of Pb in water in 5 locations ranged from 0-0.015 mg/L, some of which had exceeded the threshold set by PPRI No.22 Th.2021, while the heavy metal content of lead in fish meat ranged from 0-9.973 mg/L kg where some have exceeded the threshold set by SNI 7387:2009. The conclusion from this study, based on the measurement results of heavy metal Pb contained in water and meat, some have exceeded the threshold set with the BCF value in the low to moderate category.

Abstrak

Tanjung Mas Semarang berada di daerah pesisir yang sebagian besar penduduk bermata pencarian sebagai nelayan, pengusaha pengolahan ikan serta pekerjaan lainnya seperti PLTU, Pelabuhan, dan industri, dimana aktivitas tersebut berpotensi menimbulkan terjadinya suatu permasalahan salahsatunya pencemaran oleh logam berat timbal. Dilihat di lapangan dijumpai masyarakat yang memanfaatkan ikan di sepanjang perairan untuk dikonsumsi, sehingga perlu diperhatikan mengingat keberadaan zat pencemar Pb bersifat toksik, karsinogenik, akumulasi dan bioamgnifikasi yang dapat berdampak negatif pada manusia yaitu timbulnya penyakit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan logam berat Pb pada air dan yang terakumulasi pada daging ikan. Penelitian menggunakan rancangan observasional dengan penetapan pengambilan sampel menggunakan teknik purposive random sampling. Pengujian kandungan logam berat Pb menggunakan spektrofotometer AAS (Atomic Absorbtion Spectrophotometry). Hasil penelitian diperoleh konsentrasi Pb pada air di 5 lokasi berkisar antara 0-0,015 mg/L dimana sebagian telah melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh PPRI No.22 Th.2021, sedangkan kandungan logam berat timbal pada daging ikan berkisar antara 0-9,973 mg/kg dimana sebagian telah melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh SNI 7387:2009. Simpulan dari penelitian ini, berdasarkan perolehan hasil pengukuran logam berat Pb yang terkandung pada air dan daging sebagian telah melebihi ambang batas yang ditetapkan dengan nilai BCF dalam kategori rendah hingga sedang.

© 2022 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:

Gedung D6 Lt.1 Jl Raya Sekaran Gunugpati, Semarang
E-mail : shovinap@gmail.com

p-ISSN 2252-6277

e-ISSN 2528-5009

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir merupakan daerah yang dapat dimanfaatkan oleh seluruh lapisan masyarakat dan rentan akan terjadinya pencemaran. Daerah Tanjung Mas merupakan pesisir di Kota Semarang yang berbatasan langsung dengan laut, tidak hanya itu perairan di pesisir Kota Semarang juga merupakan muara dari sungai besar yang berasal dari perkotaan salah satunya yaitu Sungai Banjir Kanal Timur (dikenal dengan tambak lorok), dimana daerah muara ini sering dijadikan sebagai tempat alternatif pembuangan akhir (Setiawan,2014). Melihat lokasinya yang berada di daerah pesisir, sebagian besar penduduk di wilayah tersebut bermata pencaharian sebagai nelayan, pengusaha pengolahan ikan dan tambak serta pekerjaan lainnya yang berhubungan dengan laut seperti PLTU PT Indonesia power, Pelabuhan Tanjung Mas, dan industri (Prihati *et al.*, 2020).

Aktivitas masyarakat yang dilakukan setiap harinya, berpotensi memberikan dampak negatif terhadap ekosistem perairan, yaitu masuknya bahan pencemar dan limbah hasil kegiatan ekonomi seperti industri dan kendaraan perahu motor. Masuknya bahan pencemar tersebut ke dalam perairan dapat menimbulkan terjadinya suatu permasalahan salah satunya pencemaran oleh logam berat timbal (Pb) yang berpotensi menyebabkan pengakumulasi pada organisme air yang nantinya dapat menjadi ancaman kesehatan bagi manusia dan hewan apabila terkonsumsi sebab logam berat memiliki sifat yang toksik, bioakumulasi, karsinogenik dan biomagnifikasi (Dewi *et al.*, 2014). Timbal (Pb) merupakan jenis logam berat non esensial yang sulit untuk didegradasi secara alami dan bersifat akumulatif yaitu apabila terakumulasi di dalam tubuh makhluk hidup akan menimbulkan sifat toksik, karena logam berat non esensial di dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya sehingga dianggap bersifat beracun (Berniyanti, 2018).

Hasil pemantauan rutin yang dilakukan oleh DLH di perairan tambak lorok menunjukkan adanya kandungan logam berat pada air. Adanya pencemaran air oleh logam berat akan menyebabkan ikan yang hidup di dalamnya tercemar yang konsentrasi akan bertambah dari waktu ke waktu di dalam tubuh ikan dan bersifat toksik walaupun dalam jumlah yang kecil/sedikit (Irianti *et al.*, 2017). Proses masuknya logam berat kedalam tubuh ikan bersamaan dengan air yang secara difusi diserap oleh insang selanjutnya disebarluaskan ke seluruh tubuh melalui darah sehingga terjadi penimbunan logam berat pada daging (Samsuar, 2017). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan logam berat timbal (Pb) pada air dan daging ikan di daerah Tanjung Mas Semarang yang dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di perairan Tanjung Mas Semarang pada bulan November 2021 – Desember 2021. Sedangkan analisis kandungan logam berat pada air dan daging ikan dilakukan di laboratorium Jurusan Kimia UNNES dan laboratorium BBSPJPPI Semarang. Penelitian ini merupakan penelitian

eksplorasi/observasional dengan melakukan pengamatan laboratorium untuk mendapatkan data informasi mengenai kandungan logam berat timbal (Pb) pada air dan ikan. Pengambilan sampel dilakukan pada 5 stasiun yang terdiri dari sampel air, dan ikan.

Pengambilan sampel dilakukan oleh peneliti secara *random* terhadap ikan dan air yang dijadikan sampel. Pengukuran kualitas perairan dilakukan bersamaan dengan pengambilan sampel ikan dan air, meliputi pengukuran suhu, pH, salinitas, DO, nitrat, dan fosfat. Hasil pengujian kandungan logam berat timbal (Pb) dianalisis dan dibandingkan dengan standar baku mutu dari SNI 7387:2009 tentang batas maksimum cemaran logam pada makanan. Kadar maksimum yang diijinkan adalah 2,5 mg/kg, sedangkan untuk menganalisis kandungan pada daging ikan bandeng dibandingkan dengan Baku Mutu PP RI No 22 tahun 2021 tentang pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Kadar maksimum yang diijinkan adalah 0,05 mg/l.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran kandungan logam berat timbal (Pb) pada air di daerah Tanjung Mas Semarang diperoleh hasil yang disajikan pada Tabel 1. berikut

Tabel 1. Hasil Uji Pb pada Air di Daerah Tanjung Mas Semarang

Pengambilan	Lokasi I (mg/L)	Lokasi II (mg/L)	Lokasi III (mg/L)	Lokasi IV (mg/L)	Lokasi V (mg/L)	Data DL H (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)
1	0,00	0,00					
2	0,00	0,00	0,015	0,015	0,015	0,0016(*)	0,05
Rata-rata	0,00	0,00	0,015	0,015	0,015		

*Data sekunder : Hasil pemantauan kualitas air di muara Sungai Banjir Kanal Timur pada bulan Maret oleh DLH Semarang

Hasil uji Pb yang diperoleh menunjukkan bahwa air pada lokasi penelitian I dan II masih berada jauh di bawah ambang batas baku mutu yang sudah ditetapkan atau apabila dilihat dari hasil pengukuran menunjukkan perairan pada lokasi I dan II bersih dari adanya bahan pencemar logam berat Pb selama dilakukan penelitian dan konsentrasi Pb telah lebih baik dari hasil pemantauan kualitas air oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH Kota Semarang) pada bulan Maret yang digunakan peneliti sebagai data sekunder (Tabel 1.), sedangkan pada lokasi III, IV, dan V telah melebihi ambang batas yang telah ditetapkan PP RI No. 22 tahun 2021 yaitu sebesar 0,05 mg/L.

Kandungan logam berat pada air yang tidak terukur diduga dari kemampuan badan air dalam membersihkan diri (*self-clean* atau *self purification*) untuk mengatur beban antropogenik pada ekosistem air (Zimovets & Ovsepyan, 2021). Lebih lanjut, dijelaskan oleh Arbie pada tahun 2015 bahwa *self purification* adalah kemampuan dari badan air dalam menghilangkan bahan organik, nutrisi tanaman atau pencemar lainnya yang berasal dari danau atau sungai oleh aktivitas biologis dari komunitas yang hidup di dalamnya. Selain

itu adanya tumbuhan air eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang banyak tumbuh pada daerah pompa air di Banjir Kanal Timur diduga berperan dalam pengurangan beban zat pencemar logam berat ke perairan. Dijelaskan oleh (Widyawati & Kuntjoro, 2021) bahwa tanaman air eceng gondok mampu tumbuh pada kondisi lingkungan perairan yang buruk serta memiliki kemampuan akumulasi tinggi, sebab akar eceng gondok memiliki tingkat penyerapan yang baik dalam mengikat logam dalam perairan.

Pencemaran logam berat timbal (Pb) yang terjadi di lokasi III, IV, V diduga berasal dari padatnya aktivitas perahu motor (bahan bakar), pelabuhan Tanjung Mas Semarang, dan industri yang beroperasi setiap harinya di daerah tersebut, yang mungkin industri di kawasan Tanjung Mas Semarang dalam melakukan pengelolaan limbah kurang mampu meminimalisir limbah buangnya dari adanya zat berbahaya seperti logam berat ini. Seiring dengan berjalannya waktu adanya kontaminasi logam berat di perairan dapat menimbulkan akumulasi pada biota yang terdapat di dalam perairan tersebut berpotensi menyebabkan terjadinya proses bioakumulasi dan biomagnifikasi sampai ke manusia, dimana bioakumulasi ditandai dengan adanya peningkatan konsentrasi kontaminan bahan kimia di dalam tubuh organisme akuatik yang mengikuti konsentrasi bahan kimia di lingkungan sekitarnya (Wang, 2016).

Hasil pengukuran kandungan logam berat Pb pada daging ikan dari 5 lokasi penelitian berkisar antara 0,00-0,015 mg/L dimana sebagian telah melebihi ambang batas yang ditetapkan (Tabel 2.)

Tabel 2. Hasil Uji Pb pada Daging Ikan di Daerah Tanjung Mas Semarang

Pengambilan	Lokasi I (mg/kg)	Lokasi II (mg/kg)	Lokasi III (mg/kg)	Lokasi IV (mg/kg)	Lokasi V (mg/kg)	Baku Mutu
1	0,00	0,00				
2	0,00	0,00	0,689	0,573	9,973	2,0
Rata-rata	0,00	0,00	0,689	0,573	9,973	mg/kg

Kandungan logam berat timbal pada daging ikan diperoleh hasil yang berbeda-beda yaitu lokasi I dan II sebesar 0,00 mg/kg, kemudian lokasi III sebesar 0,689 mg/kg, lokasi IV sebesar 0,573 mg/kg, dan lokasi V sebesar 9,973 mg/kg (Tabel 2.). Perolehan data tersebut menunjukkan bahwa sampel ikan pada lokasi V telah melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh baku mutu SNI 7387:2009 yaitu sebesar 2,0 mg/kg. Tingginya kandungan logam berat timbal (Pb) pada daging ikan di lokasi V disebabkan oleh zat pencemar yang berasal dari aktivitas kendaraan air dan limbah industri, sebab pada lokasi tersebut tidak jauh dari kawasan industri dan juga pelabuhan. Kandungan logam berat timbal yang tinggi pada daging ikan lokasi V menunjukkan ukuran tubuh ikan yang tidak terlalu besar dibandingkan ikan yang diperoleh dari lokasi lain. Hal tersebut diduga peneliti ikan yang ada di lokasi V dapat beradaptasi dengan logam berat timbal yang tinggi sehingga menyebabkan akumulasi logam berat, tingginya logam berat yang terakumulasi di dalam tubuh tersebut nampaknya berpengaruh terhadap ukuran tubuhnya atau menyebabkan gangguan pada morfologi tubuhnya, sedangkan ikan pada lokasi I-IV masih dapat beradaptasi dengan logam berat timbal yang lebih sedikit sehingga akumulasi logam berat masih relatif kecil dan tidak menyebabkan gangguan pada morfologi tubuhnya. Disebutkan oleh (Ali *et al*, 2019) bahwa ada dan tidaknya akumulasi

pada daging ikan bergantung pada kebiasaan makan, fisiologi ikan, ukuran ikan meliputi berat dan panjang, dan umur ikan. Semakin lama ikan hidup di dalam perairan yang terkontaminasi logam berat maka semakin besar pula tingkat akumulasi logam berat di dalam tubuh ikan, sebab proses masuknya logam berat kedalam tubuh ikan bersamaan dengan air yang secara difusi diserap oleh insang kemudian disebarluaskan keseluruh tubuh melalui darah sehingga terjadi penimbunan logam berat pada daging (Samsuar, 2017).

Tinggi dan rendahnya akumulasi logam berat timbal pada daging ikan dapat dipengaruhi dari lingkungan hidup ikan seperti dalam keramba ataupun hidup bebas. Ikan yang hidup bebas seperti pada lokasi I dan II menunjukkan kandungan logam berat Pb yang rendah, hal ini karena ikan dapat dengan mudah menghindarkan diri dari adanya zat pencemar di perairan sebab ikan yang hidup di perairan dapat berenang dengan cepat secara *mobile* (berpindah-pindah), dan ikan memiliki kemampuan untuk menghindarkan diri dari pengaruh pencemaran (Haryanti & Martuti, 2020). Berbeda dengan ikan yang hidup pada lokasi III, IV, dan V dimana di lokasi tersebut ikan hidup di dalam keramba jaring tancap yang menandakan tempat hidup ikan terbatas sehingga dapat menyulitkan ikan dalam menghindarkan diri dari adanya zat pencemar. Hal tersebutlah yang mampu menyebabkan terjadinya akumulasi logam berat timbal (Pb) pada ikan.

Timbal yang ada di dalam tubuh ikan dapat mengakibatkan kerusakan pada insang ikan, gangguan pertumbuhan, tingkah laku dan karakteristik morfologi ikan (Hidayah, 2014). Sedangkan timbal yang terakumulasi di dalam tubuh manusia dapat bermanifestasi dalam berbagai jenis gangguan, seperti keterlambatan dalam pertumbuhan, perubahan dalam siklus reproduksi, morbiditas, gejala penyakit kronis, dan perubahan patologis (Prabhu & Prabhu, 2018). Keberadaan logam berat timbal (Pb) dalam tubuh manusia dapat mengganggu organ hati, ginjal, otak, syaraf dan beberapa organ lainnya. Selain itu juga dapat menimbulkan gangguan reproduksi, dan osteoporosis.

Kandungan logam berat timbal pada daging ikan yang diperoleh perlu dilakukan perhitungan BCF (Bioconcentration Factor) untuk mengetahui kecenderungan dari logam berat Pb yang terserap dalam tubuh ikan, sebab menurut (Lamai *et al.*, 2005) perhitungan BCF merupakan parameter yang berguna untuk mengevaluasi potensi biota dalam mengakumulasi logam berat. Nilai perhitungan BCF pada daging ikan yang hidup di daerah Tanjung Mas Semarang tersaji dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Nilai BCF pada Sampel Ikan

Lokasi Penelitian	Nilai BCF	Satuan	Kategori Akumulatif
I	0	L/kg	Rendah
II	0	L/kg	Rendah
III	45,9	L/kg	Rendah
IV	38,2	L/kg	Rendah
V	664,9	L/kg	Sedang

Berdasarkan perolehan hasil pengukuran logam berat timbal (Pb) pada air dan daging ikan dari lokasi penelitian, diperoleh nilai BCF pada sampel ikan yang berbeda-beda, dimana sampel ikan lokasi I, II, III, dan IV menunjukkan akumulasi dalam kategori rendah, sedangkan pada lokasi V menunjukkan akumulasi dalam kategori sedang dengan nilai BCF berkisar antara 0-664,9 L/kg. Tidak terakumulasinya kandungan logam berat timbal pada daging ikan maka tidak berpotensi untuk terjadinya biomagnifikasi pada manusia melalui rantai makanan. Sebab pada daging ikan yang mengandung logam berat berpotensi terjadinya biomagnifikasi atau transfer logam berat pada tubuh manusia yang dapat mengancam kesehatan bagi manusia apabila dikonsumsi dalam jumlah banyak, hal ini karena logam berat tidak dapat dihancurkan melainkan logam berat akan terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup (Agustina, 2014).

Meskipun dalam kategori akumulatif rendah, namun keberadaan logam berat timbal (Pb) pada ikan tetap harus diwaspada, sebab logam berat bersifat toksik walaupun dalam jumlah yang kecil/sedikit dan akumulasi logam berat akan terus bertambah dari waktu ke waktu di dalam tubuh yang dapat menyebabkan keracunan kronis (Irianti *et al.*, 2017).

Kondisi air sering kali juga dijadikan sebagai ukuran kondisi air untuk kebutuhan biota akuatik. Pengukuran kondisi lingkungan perairan meliputi pengukuran suhu, pH, salinitas, DO, nitrat, dan fosfat. Hasil pengukuran kualitas air tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Kualitas Air

Parameter	I	Lokasi Penelitian			V	Ambang batas
		II	III	IV		
Fisika						
Suhu (°C)	32	32	31	31	30	32
Salinitas (‰)	11	30	31	30	34	5-35
Kimia						
pH	8,8	8,9	7,1	7,4	7,6	6-9
DO (mg/l)	6,5	6,02				>3
Nitrat (mg/l)	2,1	1,64				10
Fosfat(mg/l)*	2,78	1,42				0,10-0,25

Ket : (*) melebihi ambang batas

Berdasarkan hasil pengukuran suhu air pada lokasi penelitian diperoleh hasil berkisar 30-32° C, dimana masih tergolong normal dan berada pada nilai baku mutu suhu air sesuai dengan KEPMEN LH No. 51 Tahun 2004, sedikit tingginya suhu yang diperoleh ini dapat disebabkan pengaruh intensitas cahaya matahari dan juga penutupan oleh tumbuhan di lokasi. Sebab pengukuran air dilakukan pada siang hari ketika intensitas cahaya matahari optimal, dan pada lokasi penelitian sedikit ditumbuhi tanaman peneduh. Senyawa logam berat akan larut pada suhu yang tinggi. Semakin tinggi suhu dalam perairan maka semakin tinggi pula kelarutan logam berat tersebut. Salinitas pada kelima lokasi diperoleh hasil berkisar antara 11-34 ppm. Nilai tersebut masih tergolong normal untuk perairan estuari yang salinitasnya sering mengalami fluktuatif, sebab

dinamika salinitas di perairan dipengaruhi oleh arus pasang surut dan debit air. Volume dan debit air dipengaruhi dari musim ketika musim hujan volume dan aliran air mengalami peningkatan sehingga salinitas di menjadi rendah, begitu juga sebaliknya (Septiani *et al* 2014). Nilai pH yang di peroleh berkisar antara 7,1-8,9, kenaikan pH pada air dapat menurunkan kelarutan logam berat dan dapat mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada perairan yang dapat di endapkan ke sedimen (Pallar, 1994 in Milasari *et al* 2020). Sedangkan nilai pH yang rendah berpotensi untuk melarutkan logam berat di dalam air dan berpindah tempat sesuai dengan kondisi air laut.

Oksigen terlarut yang tersedia di dalam air sebagai penunjang utama untuk kehidupan biota akuatik. Berdasarkan pengukuran diperoleh nilai oksigen terlarut (DO) berkisar antara 3,58-6,5 mg/l, nilai tersebut secara umum masih berada pada nilai baku mutu DO air untuk kehidupan biota akuatik sesuai dengan PP RI No.82 tahun 2001. Adanya penurunan nilai oksigen terlarut pada air dapat menyebabkan peningkatan daya toksik dan tingkat akumulasi logam berat di dasar perairan. Pada umumnya air yang telah tercemar kandungan oksigennya sangat rendah. Hasil pengukuran nitrat dan fosfat diperoleh, nilai nitrat berkisar 1,64-2,1 mg/L sedangkan fosfat berkisar 1,42-2,78 mg/L. Nilai fosfat yang didapat telah melebihi baku mutu untuk kelangsungan hidup biota, sehingga dari tingginya kandungan fosfat pada lokasi I dan II menandakan perairan tersebut selama dilakukan penelitian tidak tercemar logam berat melainkan tercemar oleh limbah yang berasal dari rumah tangga. Menurut (Tran *et al*, 2021) konsentrasi nitrat dan fosfat yang berlebih dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi yang dapat menyebabkan pertumbuhan alga berlebih, penurunan kualitas air, dan penipisan oksigen terlarut.

SIMPULAN

Konsentrasi kandungan logam berat timbal (Pb) pada lokasi penelitian di daerah Tanjung Mas Semarang berkisar antara 0,00-0,015 mg/L dimana sebagian telah melebihi ambang batas yang ditetapkan. Kandungan logam berat timbal (Pb) pada daging ikan berkisar antara 0,00-9,973 mg/kg. Kandungan logam berat timbal (Pb) pada lokasi 5 telah melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh baku mutu dengan nilai BCF dalam kategori rendah hingga sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. (2014). Kontaminasi Logam Berat pada Makanan dan Dampaknya pada Kesehatan. *TEKNOBUGA*, 1(1), 55.
- Ali, H., Khan, E., & Ilahi, I. (2019). Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of chemistry*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019673>
- Berniyanti, T. (2018). *Biomarker Toksisitas: Paparan Logam Berat Tingkat Molekuler*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Dewi, N. K., & Pribadi, T. A. (2014). Akumulasi Kandungan Logam Berat Chromium (Cr) pada Ikan Betok (*Anabas testudineus*) yang Terpapar Limbah Cair Tekstil di Sungai Langsur Sukoharjo. *Life Science*, 3(1).

- Haryanti, E. T., & Martuti, N. K. T. (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.
- Hidayah, A. M., Purwanto, P., & Soeprobawati, T. R. (2014). Biokonsentrasi faktor logam berat Pb, Cd, Cr dan Cu pada ikan nila (*Oreochromis niloticus* Linn.) di karamba Danau Rawa Pening. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 16(1), 1-9.
- Irianti, Tanti T. Kuswandi., Nuranto, Sindu., Budiyatni, Anik. (2017). Buku *Logam Berat & Kesehatan*. Yogyakarta.
- Lamai, C., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P., Upatham, E. S., & Soonthornsarathool, V. (2005). Toxicity and Accumulation of Lead and Cadmium in the Filamentous Green Alga *Cladophora fracta* (O.F. Muller ex Vahl) Kutzning : A Laboratory Study. *Science Asia*, 31, 121–127.
- Milasari, F., Hidayat, D., Rinawati, R., Supriyanto, R., & Kiswandono, A. A. (2020). Kajian Sebaran Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kromium (Cr) Pada Sedimen Di Sekitar Perairan Teluk Lampung. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 5(1), 92-100.
- Prabhu, P. P., & Prabhu, B. (2018). A review on removal of heavy metal ions from waste water using natural/modified bentonite. In *MATEC Web of conferences* (Vol. 144, p. 02021). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201814402021>
- Prihati, Sri Rahayu. Suprapto, Djoko. Rudiyanti, Siti. (2020). Heavy Metal Levels of Pb, Fe, and Cd Contained in Soft Tissue of *Paphia undulata* from Tambak Lorok Waters, Semarang. *Journal of Coastal and Marine Resources Management*, 4(2), 117.
- Samsuar., Kanedi, M., Pebrice, Sherly. (2017). Analisis Kadar Timbal (Pb) pada Rambut Pekerja Bengkel Tambal Ban dan Ikan Mas di Sepanjang Jalan Soekarno-Hatta Bandar Lampung secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Kesehatan*, 8(1), 91-97.
- Septiani, W. D., Kalangi, P. N., & Luasunaung, A. (2014). Dinamika salinitas daerah penangkapan ikan di sekitar muara Sungai Malalayang, Teluk Manado, pada saat spring tide. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap*, 1(6).
- Setiawan, H. (2014). Pencemaran Logam Berat Di Perairan Pesisir Kota Makassar Dan Upaya Penanggulangannya. *BuletinEboni*, 11(1), 1-13.
- Tran, T. C. P., Nguyen, T. P., Nguyen, T. T. N., Tran, T. N. T., Nguyen, T. A. H., Tran, Q. B., & Nguyen, X. C. (2021). Enhancement of phosphate adsorption by chemically modified biochars derived from Mimosa pigra invasive plant. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 4, 100117. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100117>
- Wang, W. X. (2016). Bioaccumulation and biomonitoring.In *MarineEcotoxicology* (pp.99-119). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803371-5.00004-7>
- Widyawati, M. E., & Kuntjoro, S. (2021). Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Tumbuhan Air di Sungai Buntung Kabupaten Sidoarjo. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 10(1), 77-85.
- Zimovets, A. A., & Ovsepyan, A. E. (2021, March). Assessment of Self-Cleaning from Heavy Metal Contamination of the European Territory of Russia Northern River Ecosystem. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 666, No. 2, p. 022034). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/666/2/022034>