



STUDI BIOAKUMULASI LOGAM BERAT PADA IKAN NILA SEBAGAI INDIKATOR KESEHATAN LINGKUNGAN DI DAERAH ALIRAN SUNGAI TERKONTAMINASI LIMBAH RUMAH SAKIT

STUDY OF HEAVY METAL BIOACCUMULATION IN NILE TILAPIA AS AN INDICATOR OF ENVIRONMENTAL HEALTH IN RIVER BASINS CONTAMINATED BY HOSPITAL WASTE

Nindha Ayu Berlianti*, Yuda Cahyoargo Hariadi, Arry Yuariatun Nurhayati, Firda Fadri

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No.37, Jember,
Jawa Timur, Indonesia, 68121

*e-mail: nindhaayuberlianti@unej.ac.id

Abstract

*Heavy metal contamination due to hospital waste discharge into river basins (watersheds) poses a major threat to environmental health and aquatic ecosystems. This study aims to identify the bioaccumulation levels of heavy metals in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), used as a bioindicator of water pollution in rivers contaminated by hospital waste. Samples of Nile tilapia and water were collected from three points along the river stream. The concentration of lead (Pb) was analyzed using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). The results of the study showed that Nile tilapia accumulated significant levels of heavy metals, particularly in the muscle tissue, with higher concentrations observed at station II, reaching 0.25 mg/L, which is closer to the pollution source. The heavy metal concentration in the fish exceeded the permissible limits set by BPOM (Indonesia's Food and Drug Authority) and FAO/WHO for fish and seafood products of 0.3 mg/kg, thus posing risks to human health and the ecosystem. Meanwhile, stations I and III recorded concentrations within the acceptable range, at 0.12 mg/L and 0.09 mg/L, respectively. This study highlights the need for improved hospital waste management and continuous monitoring of water quality in watersheds using bioindicators such as Nile tilapia. Consequently, the findings of this research could contribute to environmental protection efforts and inform policy-making regarding hazardous waste management in aquatic systems..*

Keyword: Bioaccumulation, heavy metals, Nile tilapia, hospital waste, AAS

Abstrak

Pencemaran logam berat akibat pembuangan limbah rumah sakit di daerah aliran sungai (DAS) menjadi salah satu ancaman utama bagi kesehatan lingkungan dan ekosistem perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat bioakumulasi logam berat pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang digunakan sebagai bioindikator pencemaran air di sungai yang terkontaminasi limbah rumah sakit. Sampel ikan nila dan air diambil dari 3 titik di sepanjang aliran sungai. Kandungan logam berat timbal (Pb) dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ikan nila memiliki akumulasi logam berat yang signifikan, terutama pada organ daging, dengan konsentrasi yang lebih tinggi di stasiun II sebesar 0.25mg/L yang merupakan lebih dekat dengan sumber pencemaran. Konsentrasi logam berat pada ikan melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh BPOM, FAO/WHO untuk ikan dan produk pangan laut sebesar 0.3 mg/kg, sehingga menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia dan ekosistem, kemudian untuk stasiun I dan stasiun III masih berada pada batas toleransi yaitu 0.12 mg/L dan 0.09 mg/L. Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya pengelolaan limbah rumah sakit yang lebih baik dan perlunya monitoring berkelanjutan terhadap kualitas air di DAS

This is an open access article under the CC BY-SA license



menggunakan bioindikator seperti ikan nila. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat berkontribusi pada upaya perlindungan lingkungan dan pengambilan kebijakan terkait pengelolaan limbah berbahaya di perairan.

Keyword: Bioakumulasi, logam berat, ikan nila, limbah rumah sakit, AAS

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan, terutama di daerah aliran sungai (DAS), menjadi salah satu isu utama dalam kesehatan lingkungan, terjadinya perubahan yang cepat pada parameter fisika dan kimia air permukaan mengganggu keseimbangan ekologi dalam lingkungan perairan, sehingga menyebabkan kerusakan lingkungan khususnya terkait keberadaan logam berat yang berasal dari limbah rumah sakit (Khan et al, 2022). Limbah rumah sakit sering kali mengandung bahan kimia berbahaya dan logam berat seperti timbal (Pb), Pb dapat merusak ekosistem perairan dan memberikan dampak jangka panjang terhadap kesehatan manusia jika tidak dikelola dengan baik. Salah satu efek yang paling dikhawatirkan adalah akumulasi logam berat dalam biota air yang dapat masuk ke rantai makanan dan berdampak pada kesehatan manusia yang mengonsumsi ikan dari perairan tersebut.

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) adalah salah satu bioindikator yang banyak digunakan dalam penelitian kualitas air karena kemampuannya untuk mengakumulasi logam berat dalam jaringan tubuhnya. Penggunaan ikan nila sebagai bioindikator memberikan informasi penting mengenai tingkat pencemaran di lingkungan perairan (Caglar et al, 2019). Akumulasi logam berat pada ikan dapat mencerminkan kondisi perairan yang tercemar³ dan menunjukkan potensi risiko kesehatan bagi ekosistem dan manusia.

Dalam penelitian ini, *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) digunakan untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi logam berat dalam jaringan ikan nila. AAS adalah salah satu metode analisis yang paling akurat dan sensitif untuk mendeteksi keberadaan logam berat, bahkan pada konsentrasi yang sangat rendah (Akbar dan Rahayu, 2023; Mensoor dan Said, 2018). Alat ini bekerja dengan prinsip serapan atom, di mana sampel yang dianalisis akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, dan tingkat serapan ini berbanding lurus dengan jumlah atom logam yang ada di dalam sampel.

Penggunaan AAS dalam studi ini penting karena membantu memberikan data yang valid

dan akurat terkait kandungan logam berat dalam ikan nila, sehingga memberikan gambaran yang lebih jelas tentang tingkat pencemaran sungai yang terkena dampak limbah rumah sakit.

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran AAS akan berkontribusi mengenai dampak pencemaran logam berat terhadap kesehatan lingkungan, serta menyediakan dasar ilmiah yang kuat bagi upaya pengelolaan limbah rumah sakit dan perlindungan ekosistem perairan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan dalam mengembangkan kebijakan yang lebih baik terkait pengolahan limbah rumah sakit serta memberikan rekomendasi dalam pemantauan kualitas air secara berkala menggunakan bioindikator dan teknologi AAS. Sehingga akumulasi logam berat dalam lingkungan perairan dapat diidentifikasi sejak dini, serta dapat memberikan tindakan preventif dan mitigasi untuk menjaga kesehatan lingkungan dan masyarakat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di daerah aliran sungai yang diduga tercemar oleh limbah rumah sakit. Tahapan dalam penelitian ini meliputi pengambilan sampel air dan ikan nila dari lokasi penelitian, serta analisis laboratorium untuk mengukur konsentrasi logam berat pada sampel yang diambil.

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dilakukan di 3 titik sepanjang aliran sungai di wilayah malang yang berbeda jaraknya dari sumber pencemaran limbah rumah sakit. Ikan yang diambil berukuran seragam untuk memastikan keseragaman dalam analisis bioakumulasi.

Proses Preparasi Sampel

Setelah pengambilan, sampel ikan dibedah untuk diambil organ daging. Organ tersebut kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu tertentu hingga kadar air berkurang, dan dilanjutkan dengan penggilingan menjadi bentuk serbuk halus. Sampel air dan sedimen juga akan diproses dengan cara

penyaringan dan dikeringkan, sesuai dengan standar analisis laboratorium.

Pengukuran Kandungan Logam Berat Menggunakan AAS

Untuk mengukur kandungan logam berat timbal (Pb) pada sampel ikan dan air digunakan teknik *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). AAS dipilih karena keakuratannya dalam mendeteksi konsentrasi logam berat dalam berbagai jenis sampel, termasuk jaringan biota air. Langkah-langkah dalam analisis menggunakan AAS adalah sebagai berikut:

1. **Penghancuran Sampel:** Sampel jaringan ikan yang telah dikeringkan akan dilarutkan dengan asam nitrat pekat (HNO_3) dan dipanaskan hingga organ daging terlarut.
2. **Pemisahan Zat:** Larutan hasil penguraian ini kemudian akan disaring untuk memisahkan sisa organ daging yang tidak larut.
3. **Pengukuran AAS:** Larutan akhir akan dimasukkan ke dalam spektrofotometer serapan atom (AAS). Alat ini bekerja dengan memancarkan cahaya melalui sampel dan mengukur seberapa banyak cahaya tersebut diserap oleh atom logam dalam sampel. Tingkat serapan ini kemudian diubah menjadi nilai konsentrasi logam berat dalam satuan mg/kg.

Penggunaan AAS memungkinkan pengukuran logam berat dengan sensitivitas tinggi, sehingga dapat mendeteksi keberadaan logam berat meskipun dalam konsentrasi rendah. Analisis dilakukan pada beberapa logam berat yang umum terkandung dalam limbah rumah sakit, yaitu timbal.

Analisis Data

Hasil pengukuran logam berat dari sampel jaringan ikan akan dibandingkan dengan nilai standar keamanan yang ditetapkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) serta standar lingkungan PP No 22 tahun 2021. Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif dan inferensial untuk mengidentifikasi tingkat bioakumulasi logam berat pada ikan nila dan mengevaluasi hubungan antara jarak dari sumber pencemaran dan kadar logam berat yang terakumulasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Logam Berat pada Daerah Aliran Sungai Akibat Imbah Rumah Sakit

Hasil analisis AAS pada ketiga titik stasiun daerah aliran buangan limbah rumah sakit diperoleh konsentrasi tertinggi terdapat pada stasiun II dengan kandungan logam Pb sebesar 0.1441 mg/L. Nilai tersebut telah melebihi batas toleransi air yakni 0.03 mg/L untuk kategori kelas II sesuai Lampiran VI PP No 22 thn 2021 terkait Penyelenggaraan Perlindungan dan PLH (Pemerintah Republik Indonesia, 2021).

Tabel 1. Data konsentrasi kandungan logam berat pada limbah rumah sakit

Logam Berat	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III
Pb	0.0476	0.1441	0.0346

Banyaknya logam diperairan mengindikasikan terjadinya penumpukan polutan dalam organ biota air (Maddusa et al, 2017). Logam tersebut akan berikatan dengan senyawa lain, yang menyebabkan volume dan massa jenis menjadi lebih besar, sehingga berpotensi mempercepat proses pengendapan sedimentasi. Disamping itu ketika konsentrasi logam diperairan lebih kecil daripada disedimen, diduga telah terjadi proses akumulasi logam berat pada ikan (Cahyani et al, 2017). Kemampuan biota air dalam mengaklimatisasi logam toksik yang ada diperairan juga dipengaruhi oleh jenis dan karakter logam (Clara, 2022).

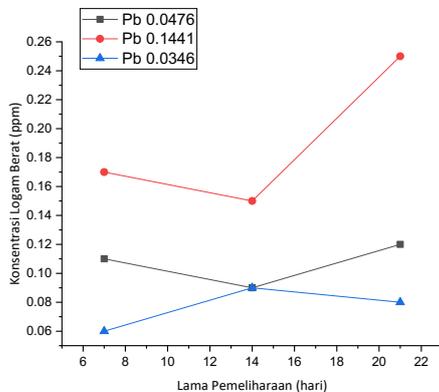
Kandungan Logam Berat pada Organ Daging Ikan di Daerah Aliran Sungai Akibat Limbah Rumah Sakit

Sesuai sebaran data yang disampaikan dalam grafik, peningkatan konsentrasi atau perubahan belum terlihat karena ikan masih pada proses aklimatisasi pada rentang 0-6 hari. Aklimatisasi dilakukan untuk pemantauan terhadap kondisi ikan agar mampu beradaptasi dengan lingkungan baru. Setelah proses aklimatisasi, variasi lama pemeliharaan diberikan untuk mengidentifikasi kandungan logam berat Pb yang akan terabsorpsi didalam organ ikan selama 21 hari.

Naik turun tingkat absorpsi yang ada pada organ daging ikan nila, dikarena adanya pengaruh suhu yang dapat mempengaruhi aktifitas hidup organisme, seperti pola makan ikan (Purwanto et al, 2020). Jika terjadi

peningkatan suhu, nafsu makan ikan semakin bertambah, begitu sebaliknya jika mengalami penurunan suhu, pola makan dapat mempengaruhi proses metabolisme dalam organ tubuh seperti munculnya gangguan kesehatan, stress bahkan berakibat kematian Sukoasih dan Widiyanto, 2017).

Penggunaan ikan nila sebagai bioindikator dipilih berdasarkan morfologi panjang dan berat ikan karena ketahanan tubuhnya lebih baik terhadap perubahan lingkungan dibandingkan ikan nila dewasa (Aliyas et al, 2016). Konsentrasi yang dihasilkan saat pengujian logam Pb mengalami fluktuatif, seperti pada Gambar 1.



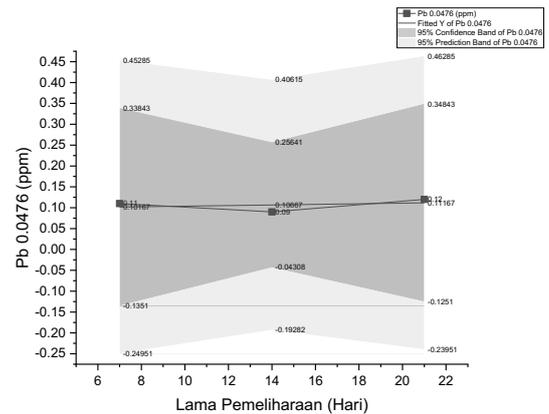
Gambar 1. Grafik hubungan kandungan konsentrasi logam berat Pb pada ketiga stasiun DAS dengan variasi lama pemeliharaan

Pada gambar 1 menampilkan hubungan antara konsentrasi logam berat Pb dan lama pemeliharaan, terlihat adanya variasi tren peningkatan dan penurunan kadar Pb selama masa pemeliharaan. Grafik tersebut menggambarkan konsentrasi Pb pada tiga level awal yang berbeda, yaitu 0.0476 ppm, 0.1441 ppm, dan 0.0346 ppm. Konsentrasi Pb 0.0476 ppm. Secara keseluruhan, tren dari ketiga konsentrasi menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi awal Pb, semakin besar pula tingkat fluktuasi dan akumulasi logam berat selama masa pemeliharaan. Pada konsentrasi yang lebih rendah (0.0346 ppm), sistem cenderung lebih stabil, dengan akumulasi yang lebih terkendali. Sebaliknya, pada konsentrasi yang lebih tinggi (0.1441 ppm), peningkatan kadar Pb lebih signifikan.

Perbedaan dalam fluktuasi ini dapat dikaitkan dengan kapasitas variasi lama pemeliharaan dalam tingkat akumulasi logam berat, serta mekanisme biologis atau lingkungan

yang terpengaruh oleh konsentrasi logam yang lebih tinggi. Hasil ini memberikan gambaran mengenai variasi konsentrasi Pb yang berbeda dapat mempengaruhi stabilitas lama pemeliharaan dan tingkat akumulasi logam berat dalam jangka waktu tertentu.

Berdasarkan data analisis menggunakan metode kurva *fitting*, di mana kurva yang dihasilkan menunjukkan tren perubahan konsentrasi Pb pada organ daging ikan nila selama periode pemeliharaan. Terlihat pada gambar 2, gambar 3 dan gambar 4.

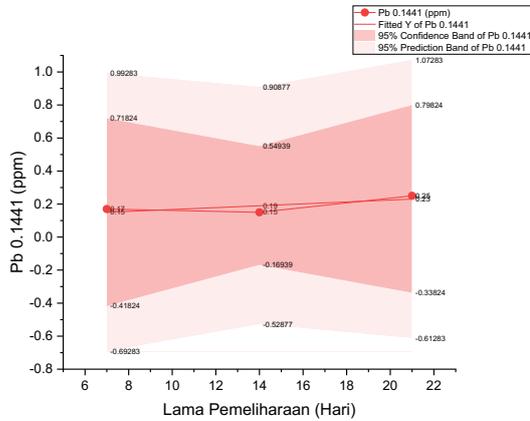


Gambar 2. Grafik kurva fitting hubungan logam berat Pb pada stasiun I dengan variasi lama pemeliharaan

Pada kurva konsentrasi Pb sebesar 0,0346 ppm, terlihat bahwa kadar Pb cenderung stabil selama beberapa hari pertama pemeliharaan (hari ke-7 hingga hari ke-10), setelah hari ke-10, terjadi sedikit peningkatan pada konsentrasi Pb hingga akhir periode pengamatan. *Fitting* kurva menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi Pb pada organ daging ikan nila berada dalam rentang yang cukup kecil, dengan nilai *confidence band* yang sempit. Hal ini menunjukkan bahwa data memiliki tingkat akurasi yang tinggi terhadap tren yang teramati. 95% prediction band menunjukkan bahwa fluktuasi konsentrasi Pb pada organ daging ikan nila di masa mendatang dimungkinkan akan berada dalam batas prediksi yang relatif kecil.

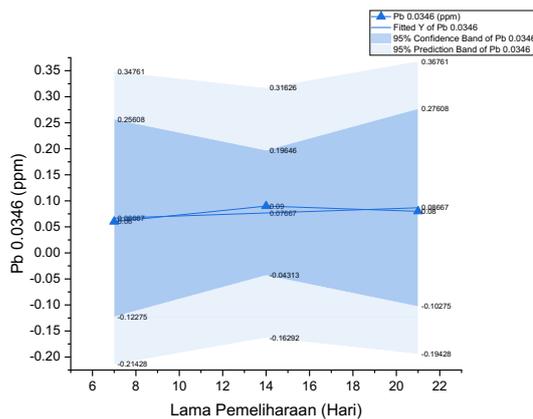
Pada kurva konsentrasi Pb sebesar 0,0476 ppm, terlihat adanya fluktuasi yang lebih signifikan dibandingkan kurva sebelumnya. Konsentrasi Pb pada organ daging ikan nila mengalami sedikit penurunan pada awal periode pengamatan, kemudian mengalami peningkatan kembali pada hari berikutnya, khususnya setelah hari ke-12. Pola fluktuatif ini menggambarkan bahwa akumulasi Pb pada organ daging ikan nila

mengalami pengaruh faktor eksternal, seperti variasi dalam kondisi lingkungan atau respons biologis, yang menyebabkan perubahan kadar Pb.



Gambar 3. Grafik kurva fitting hubungan logam berat Pb pada stasiun II dengan variasi lama pemeliharaan

Meskipun fluktuasi lebih besar, *confidence band* tetap relatif sempit, yang menunjukkan bahwa model *fitting* ini mampu menggambarkan tren perubahan dengan akurat. 95% prediction band sedikit lebih lebar dibandingkan dengan konsentrasi Pb 0,0346 ppm, yang menunjukkan pada masa mendatang dimungkinkan akan berada dalam batas prediksi yang lebih bervariasi.



Gambar 4. Grafik kurva fitting hubungan logam berat Pb pada stasiun III dengan variasi lama pemeliharaan

Pada konsentrasi Pb yang lebih tinggi, yaitu 0,1441 ppm, tren perubahan konsentrasi Pb menunjukkan pola yang lebih fluktuatif dengan amplitudo yang lebih besar. Pada grafik terjadi peningkatan signifikan pada konsentrasi Pb dari hari ke-7 hingga hari ke-12, diikuti dengan

penurunan tajam setelahnya. Variasi ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi Pb yang lebih tinggi, kandungan Pb pada organ daging ikan nila cenderung mengalami ketidakstabilan yang lebih besar, baik karena faktor lingkungan maupun efek akumulasi logam berat yang mempengaruhi lama pemeliharaan. 95% confidence band pada kurva ini menunjukkan bahwa meskipun model *fitting* mampu menangkap pola fluktuatif, ketidakpastian dalam prediksi sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi Pb yang lebih rendah. Hal ini juga tercermin dari 95% prediction band yang lebih lebar, yang menandakan bahwa prediksi masa mendatang dimungkinkan akan memiliki rentang variasi yang lebih besar.

Confidence band dan *prediction band* pada setiap kurva memberikan gambaran tentang tingkat akurasi dan prediksi fluktuasi konsentrasi Pb di masa mendatang, yang penting untuk memodelkan dampak dari paparan Pb dalam organ daging ikan nila. Berdasarkan uraian pembahasan yang telah disampaikan bahwa perbedaan tersebut dikarenakan daya kemampuan fisiologis ikan terhadap polutan, sehingga mempengaruhi konsentrasi logam yang diserap oleh ikan nila. Logam berat yang terserap dalam tubuh makhluk hidup akan mengalami proses biokonsentrasi yang merupakan aktivitas masuknya bahan pencemar kedalam organisme melalui sistem pernafasan atau interaksi langsung secara difusi melalui kulit (daging) dan bioakumulasi dimana terjadi proses masuknya bahan pencemar kedalam sistem pencernaan ikan, karena makanan yang dikonsumsi telah terinfeksi logam berat (Purwanto et al, 2020).

Hal itu dipastikan juga oleh, bahwa proses terserapnya logam terjadi melalui interaksi antara air dengan kulit ikan untuk proses pernafasan dan kegiatan metabolisme melalui makanan yang dikonsumsi oleh ikan (Priatna et al, 2016). Akumulasi logam berat pada ikan dapat mempengaruhi perilaku, fisiologis, dan pola aliran darah, struktur sel keseimbangan ionik, fungsi hati, dan metabolisme karbohidrat (Sarkar et al, 2021). Tingkat akumulasi logam didalam organisme air, konsentrasinya akan terus bertambah apabila perairan tersebut terus tercemar (Azizah dan Maslahat, 2021; Belianti et al, 2014).

Proses toksisitas ikan yang terpapar logam berat akan terdistribusi melalui dinding saluran pencernaan menuju ke cairan sirkulasi yang selanjutnya ditimbun dalam jaringan lemak.

Logam dalam cairan tersebut akan teroksidasi dan terakumulasi dalam hati dan tidak terakumulasi dengan baik pada daging.

Kandungan Pb pada daging dikaitkan dengan fisiologis dalam proses metabolis ikan, berbeda dengan organ hati dan ginjal yang bertugas untuk mendetoksifikasi dan melakukan ekskresi. Selain itu konsentrasi Pb yang rendah pada daging dikarenakan daging (kulit) tidak berperan sebagai jaringan aktif dan utama pada pola distribusi logam (Busira et al, 2020). Sistem metabolis pada ikan yang berusia kurang dari 2 bulan masih belum terbentuk secara sempurna, sehingga menyebabkan tingkat reduksi logam yang rendah di dalam tubuh ikan (Nurrachmi dan Amin, 2010). Berbeda halnya dengan ikan usia dewasa, di mana proses metabolis yang dimiliki jauh lebih sempurna.

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah disampaikan, bahwa kandungan logam berat Pb paling besar pada stasiun II dengan lama pemeliharaan ke 21 hari yakni sebesar 0.25 mg/kg dan telah melebihi batas toleransi lingkungan. Kemudian untuk stasiun I dan stasiun III masih dalam nilai ambang batas aman untuk aktivitas domestik, irigasi pertanian dan layak konsumsi sebagai sumber pangan dalam kebutuhan ternak masyarakat disekitar DAS.

Pernyataan tersebut didukung dengan adanya data analisis AAS yang menyatakan bahwa kandungan Pb dengan lama pemeliharaan memberikan gambaran bahwa semakin lama ikan terpapar limbah rumah sakit yang mengandung Pb didalam perairan, konsentrasi kandungan logam yang terakumulasi didalam organ juga akan semakin besar.

Hasil pengukuran logam berat Pb yang diujikan dengan menggunakan AAS, juga dibandingkan dengan standar baku mutu baik dengan peraturan BPOM (kategori pangan jenis ikan dan produk perikanan) yaitu 0.20 mg/kg maupun dengan SNI 7387-2009 untuk produk pangan dengan batas maksimum cemaran logam berat Pb sebesar 0.25mg/kg (BPOM, 2018; BSN, 2009).

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dapat digunakan secara efektif sebagai bioindikator untuk mendeteksi akumulasi logam berat di lingkungan perairan yang tercemar limbah rumah sakit. Hasil analisis menggunakan *Atomic*

Absorption Spectroscopy (AAS) menunjukkan adanya akumulasi logam berat timbal (Pb) pada daerah aliran sungai dan daging ikan nila yang diambil dari 3 titik sepanjang aliran sungai. Konsentrasi logam berat pada ikan nila meningkat seiring dengan kedekatan lokasi pengambilan sampel ke sumber pencemaran, yakni pembuangan limbah rumah sakit. Hal ini mengindikasikan bahwa limbah rumah sakit memiliki kontribusi signifikan terhadap pencemaran logam berat di daerah aliran sungai. Selain itu, akumulasi logam berat dalam tubuh ikan nila melebihi batas aman yang ditetapkan oleh standar kesehatan lingkungan, sehingga berpotensi memberikan dampak negatif pada kesehatan manusia dan ekosistem perairan.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan pentingnya pengelolaan limbah rumah sakit yang lebih baik untuk mencegah pencemaran logam berat di lingkungan perairan. Langkah-langkah pencegahan dan pengelolaan yang lebih ketat diperlukan untuk melindungi kesehatan ekosistem dan mencegah dampak negatif pada masyarakat yang bergantung pada sumber daya perairan.

Adapun dari data hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat timbal (Pb) paling besar pada organ insang ikan nila pada stasiun II diperoleh pada hari ke 21 sebesar 0.25 mg/kg pada organ daging. Berdasarkan batas maksimal menurut BPOM, data analisis pada organ daging sudah melampaui batas maksimum cemaran logam berat, akan tetapi untuk stasiun I dan stasiun III masih berada pada batas toleransi yakni kurang dari 0.20 ppm. Sehingga daging ikan nila masih aman untuk dikonsumsi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Jember yang telah memberikan pendanaan penelitian ini pada skim Penelitian Dosen Pemula pada tahun 2023

DAFTAR RUJUKAN

- 1] Akbar SA, Rahayu HK. Tinjauan Literatur: Bioakumulasi Logam Berat Pada Ikan Di Perairan Indonesia. *Lantanida* J. 2023;11(1):51
- 2] Aliyas, S. Ndobe, Ya'la ZR. Pertumbuhan Dan Kelangsungan Hidup Ikan Nila (*Oreochromis* sp.) Yang Dipelihara Pada Media Bersalinitas. *J Sains dan Teknol Tadulako* [Internet]. 2016;5(1):19–27.

- 3] Azizah M, Maslahat M. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), dan Merkuri (Hg) di dalam Tubuh Ikan Wader (*Barbodes binotatus*) dan Air Sungai Cikaniki, Kabupaten Bogor. *Limnotek Perair darat Trop di Indones*. 2021 Dec 31;28.
- 4] Berlianti NA, Widodo CS, Juswono UP. Studi Tentang Pengaruh Limbah Pencemar Terhadap Kandungan Radikal Bebas pada Organ Insang Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *J Nat B*. 2014;2(4):355–340.
- 5] Busira JJQD, Prihatmo G, Pakpahan S. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Sungai Gajah Wong, Yogyakarta. *Pros Semin Nas Biol di Era Pandemi COVID-19 [Internet]*. 2020;(September):372–9
- 6] BPOM BPO dan M. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 7 Tahun 2018 tentang Bahan Baku yang dilarang dalam Pangan Olahan. 2018;
- 7] BSN. SNI 7387:2009 Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan. Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan [Internet]. 2009;1–29.
- 8] Caglar M, Canpolat O, Selamoglu Z. Determination of some heavy metal levels in three freshwater fish in Keban Dam Lake (Turkey) for public consumption. *Iran J Fish Sci*. 2019;18(1):188–98.
- 9] Cahyani N, Lumban Batu DTF, Sulistiono S. Heavy Metal Contain Pb, Hg, Cd and Cu in Whiting Fish (*Sillago sihama*) Muscle in Estuary of Donan River, Cilacap, Central Java. *J Pengolah Has Perikan Indones*. 2017;19(3):267.
- 10] Clara J. Analisis Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen, dan Tiram (*Crassostrea sp.*) Di Sungai Tapak, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *JFMR-Journal Fish Mar Res*. 2022;6(1).
- 11] Ismarti I, Ramses R, Suheryanto S, Amelia F. Heavy Metals (Cu, Pb and Cd) in Water and Angel Fish (*Chelmon rostractus*) from Batam Coastal, Indonesia. *Omni-Akuatika*. 2017;13(1):78–84.
- 12] Khan M, Ellahi A, Niaz R, Ghoneim ME, Tag-eldin E, Rashid A. Water quality assessment of alpine glacial blue water lakes and glacial-fed rivers. *Geomatics, Nat Hazards Risk [Internet]*. 2022 Dec 31;13(1):2597–617. Available from: <https://doi.org/10.1080/19475705.2022.2126800>
- 13] Maddusa SS, Papatungan MG, Syarifuddin AR, Maambuat J, Alla G. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg), Zink (Zn) Dan Arsen (As) Pada Ikan Dan Air Sungai Tondano , Sulawesi Utara. *Al-Sihah Public Heal Sci J*. 2017;9(2):153–9.
- 14] Mensoor M, Said A. Determination of Heavy Metals in Freshwater Fishes of the Tigris River in Baghdad. Vol. 3, *Fishes*. 2018.
- 15] Nurrachmi I, Amin B. Kandungan Logam Cd, Cu, Pb dan Zn Pada Ikan Gulama (*Sciaena Russelli*) dari Perairan Dumai Riau: Amankah Untuk Dikonsumsi? *J Teknobiologi*. 2010;1(1):72–84.
- 16] Priatna DE, Purnomo T, Kuswanti N. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Air dan Ikan Bader (*Barbonymus gonionotus*) di Sungai Brantas Wilayah Mojokerto The Content of Heavy Metal Lead (Pb) in the Water and Bader Fish (*Barbonymus gonionotus*) of Brantas River , Mojokerto Region. *Lentera Bio*. 2016;5(1):48–53.
- 17] Purwanto AI, Prihatmo G, Pakpahan S. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Ikan Bawal (*Colossoma macropomum*) di Sungai Winongo, Yogyakarta. *Sciscitatio*. 2020;1(2):70–8.
- 18] Sarkar M, Rohani MF, Hossain M. Evaluation of Heavy Metal Contamination in Some Selected Commercial Fish Feeds Used in Bangladesh. *Biol Trace Elem Res*. 2021 Apr 1;200.
- 19] Sukoasih A, Widiyanto T. Hubungan Antara Suhu, pH dan Berbagai Variasi Jarak dengan Kadar Timbal (Pb) pada Badan Air Sungai Rompang dan Air Sumur Gali Industri Sokaraja Tengah Tahun 2016. *Bul Keslingmas*. 2017;36(4):360–8.