

Tingkat Cemaran Timbal (Pb) Pada Air Sungai Di Kota Jayapura Sebagai Indikator Risiko Lingkungan

Wahyu Kumala Sari^{1*}, Sri Herawati², Dasima Aziz Rahim³

¹ Fisika, Universitas Cenderawasih

²Lembaga Lingkungan Hidup dan Penanggulangan Bencana Pimpinan Wilayah Aisyiyah Papua

³Lembaga Lingkungan Hidup dan Penanggulangan Bencana Pimpinan Wilayah Aisyiyah Papua

^{1*}kumalasariwahyu3@gmail.com

Abstrak

Sungai perkotaan berperan penting sebagai sumber daya lingkungan dan penopang aktivitas masyarakat, namun rentan terhadap pencemaran akibat tekanan aktivitas antropogenik. Salah satu pencemar yang berbahaya dan bersifat persisten adalah logam berat timbal (Pb), yang berpotensi menimbulkan dampak ekologis dan risiko kesehatan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat cemaran timbal (Pb) pada air sungai di Kota Jayapura serta menjadikannya sebagai indikator risiko lingkungan. Penelitian dilakukan dengan pendekatan deskriptif kuantitatif dan bersifat eksploratif. Sampel air diambil secara grab sampling dari empat sungai di Kota Jayapura, yaitu Sungai Acai, Sungai Entrop, Sungai Hanyaan, dan Sungai Siborongonyi. Analisis kadar timbal dilakukan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh sampel air sungai mengandung timbal dengan konsentrasi yang melampaui baku mutu kualitas air sungai nasional sebesar 0,03 mg/L. Kadar timbal tertinggi ditemukan pada Sungai Siborongonyi sebesar 0,69 mg/L, diikuti Sungai Hanyaan sebesar 0,37 mg/L, Sungai Acai sebesar 0,29 mg/L, dan Sungai Entrop sebesar 0,18 mg/L. Variasi kadar timbal antar sungai menunjukkan perbedaan tingkat tekanan lingkungan yang diterima masing-masing badan air. Secara keseluruhan, temuan ini mengindikasikan bahwa sungai-sungai di Kota Jayapura telah mengalami cemaran timbal yang signifikan dan berpotensi menimbulkan risiko lingkungan serta kesehatan masyarakat. Penelitian ini memberikan gambaran awal kondisi kualitas air sungai di Kota Jayapura dan dapat digunakan sebagai dasar pemantauan lingkungan serta peringatan dini terhadap degradasi kualitas perairan perkotaan.

Kata Kunci: Timbal, Kualitas Air Sungai, Pencemaran Lingkungan, Risiko Lingkungan, Jayapura

PENDAHULUAN

Sungai merupakan komponen strategis dalam sistem lingkungan perkotaan yang berfungsi sebagai sumber air, penyangga ekosistem, serta ruang hidup bagi aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat. Dalam dinamika perkotaan yang terus berkembang, sungai kerap menerima beban pencemaran dari berbagai aktivitas antropogenik, seperti limbah domestik, limpasan permukiman, kegiatan perdagangan, serta aktivitas industri skala kecil. Tekanan tersebut menjadikan sungai sebagai salah satu kompartemen lingkungan yang paling rentan mengalami degradasi kualitas, terutama akibat cemaran bahan kimia berbahaya seperti logam berat.

Salah satu logam berat yang menjadi perhatian utama dalam kajian kualitas lingkungan perairan adalah timbal (Pb). Timbal merupakan logam berat non-esensial yang bersifat toksik, persisten, dan sulit terdegradasi secara alami. Keberadaan timbal dalam lingkungan perairan dapat berasal dari berbagai sumber, baik alami maupun antropogenik, dan cenderung terakumulasi dalam air, sedimen, serta organisme akuatik. Menurut Naria (2005), paparan timbal dalam jangka panjang dapat menimbulkan gangguan kesehatan serius, termasuk gangguan sistem saraf, penurunan fungsi kognitif, gangguan ginjal, serta berbagai penyakit kronis lainnya. Oleh karena itu, keberadaan timbal di lingkungan perairan tidak hanya menjadi persoalan ekologi, tetapi juga isu kesehatan masyarakat.

Berbagai penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa cemaran timbal pada badan air telah terjadi di banyak wilayah dan media lingkungan. Komarudin (2021) melaporkan adanya cemaran timbal dan kadmium pada air tanah di kawasan permukiman Perumnas Bekasi, yang menunjukkan bahwa logam berat dapat bermigrasi dari aktivitas permukaan menuju sistem perairan bawah tanah. Temuan ini memperlihatkan bahwa pencemaran logam berat tidak bersifat lokal dan terbatas, melainkan dapat menyebar dan berdampak luas terhadap kualitas lingkungan.

Kajian pada badan air sungai juga menunjukkan pola yang serupa. Hutuba et al. (2025) menemukan cemaran logam berat merkuri, timbal, dan tembaga pada beberapa sungai di Provinsi Gorontalo dengan konsentrasi yang mengindikasikan tekanan pencemaran lingkungan. Warsinah et al. (2015) menunjukkan bahwa timbal dapat terdistribusi pada berbagai kompartemen lingkungan di sekitar tempat pembuangan akhir, termasuk air dan sedimen,

yang berpotensi mencemari badan air di sekitarnya. Sementara itu, Partogi dan Purnomo (2014) mengungkapkan bahwa distribusi timbal dan kadmium pada muara sungai tidak hanya terdapat pada air, tetapi juga terakumulasi pada sedimen dan biota perairan.

Dampak lanjutan dari cemaran timbal pada sungai tercermin dari akumulasinya pada organisme perairan. Ramdanawati et al. (2017) menunjukkan bahwa ikan air tawar dapat mengandung timbal dan kadmium akibat paparan lingkungan perairan yang tercemar. Hananingtyas (2017) melaporkan cemaran timbal pada ikan tongkol di Pantai Utara Jawa, sedangkan Azizah dan Maslahat (2021) menemukan kandungan logam berat Pb, Cd, dan Hg pada ikan wader dan air Sungai Cikaniki. Hasil-hasil tersebut menguatkan bahwa sungai yang tercemar logam berat berpotensi menjadi jalur masuk timbal ke dalam rantai makanan manusia.

Risiko kesehatan akibat paparan timbal melalui media perairan juga telah dikaji secara langsung pada masyarakat. Raharjo et al. (2018) menunjukkan adanya hubungan antara konsumsi biota perairan yang tercemar dengan peningkatan kadar timbal dalam darah masyarakat yang tinggal di sekitar Sungai Tapak, Kota Semarang. Temuan ini mempertegas bahwa cemaran timbal pada sungai memiliki implikasi nyata terhadap kesehatan manusia, khususnya pada masyarakat yang menggantungkan kebutuhan pangan dan aktivitas sehari-hari pada sumber daya perairan lokal.

Dalam konteks pemantauan lingkungan, logam berat sering digunakan sebagai indikator pencemaran karena sifatnya yang stabil dan mencerminkan akumulasi tekanan lingkungan dalam jangka panjang. Sumampouw dan Risjani (2018) menegaskan bahwa parameter logam berat merupakan indikator penting dalam menilai tingkat pencemaran lingkungan perairan. Penelitian oleh Syafriliansah dan Purnomo (2022) menunjukkan bahwa kadar timbal pada air dan tumbuhan akuatik dapat digunakan sebagai indikator kualitas air sungai, sedangkan Masruroh dan Purnomo (2024) menegaskan peran organisme akuatik sebagai bioindikator pencemaran logam berat di sungai.

Kota Jayapura sebagai pusat aktivitas perkotaan di wilayah Papua memiliki sejumlah sungai yang melintasi kawasan permukiman padat, pusat ekonomi, dan wilayah dengan sistem sanitasi yang belum sepenuhnya terkelola secara optimal. Kondisi ini berpotensi meningkatkan beban pencemaran sungai, termasuk oleh logam berat. Namun demikian, kajian ilmiah mengenai cemaran timbal pada air sungai di Kota Jayapura masih relatif terbatas dibandingkan wilayah lain di Indonesia. Keterbatasan data ini berpotensi menghambat upaya evaluasi kualitas lingkungan dan perumusan kebijakan pengelolaan sungai berbasis bukti ilmiah.

Urgensi penelitian ini semakin diperkuat oleh adanya regulasi nasional yang menetapkan baku mutu kualitas air. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 menetapkan ambang batas timbal pada air sungai sebesar 0,03 mg/L untuk berbagai peruntukan. Nilai ini menjadi acuan penting dalam menentukan apakah suatu badan air masih berada dalam kondisi aman atau telah mengalami cemaran yang berpotensi menimbulkan risiko lingkungan dan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, pengukuran kadar timbal pada sungai-sungai di Kota Jayapura menjadi penting sebagai langkah awal pemantauan dan peringatan dini terhadap degradasi kualitas lingkungan perairan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat cemaran timbal (Pb) pada air sungai di Kota Jayapura dan menjadikannya sebagai indikator risiko lingkungan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran awal mengenai kondisi kualitas air sungai di wilayah perkotaan Jayapura, serta menjadi dasar ilmiah bagi upaya pengelolaan lingkungan, pengendalian pencemaran, dan perlindungan kesehatan masyarakat di wilayah Papua.

METODE

1. Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan pendekatan eksploratif, yang bertujuan untuk menggambarkan tingkat cemaran logam berat timbal (Pb) pada air sungai di Kota Jayapura. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menyajikan data hasil pengukuran kadar timbal secara numerik, sedangkan pendekatan eksploratif diterapkan mengingat keterbatasan informasi awal mengenai kondisi cemaran logam berat pada sungai-sungai di wilayah penelitian. Penelitian ini tidak dimaksudkan untuk mengidentifikasi sumber pencemar secara kausal, melainkan sebagai kajian awal (baseline study) dalam menilai potensi risiko lingkungan.

2. Lokasi dan Objek Penelitian

Objek penelitian adalah air sungai yang berasal dari empat sungai di wilayah Kota Jayapura, yaitu Sungai Acai, Sungai Entrop, Sungai Hanyaan, dan Sungai Siborongonyi. Sungai-sungai tersebut dipilih karena merepresentasikan sungai perkotaan yang berada di sekitar kawasan permukiman dan aktivitas masyarakat. Penelitian difokuskan pada karakteristik kimia air sungai, khususnya parameter logam berat timbal (Pb), tanpa menekankan analisis spasial rinci berdasarkan titik koordinat pengambilan sampel.

3. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air sungai dilakukan secara grab sampling, yaitu pengambilan sampel sesaat pada kondisi lingkungan saat itu. Sampel air diambil dari badan sungai menggunakan wadah botol sampel berbahan polietilen yang telah dibersihkan dan dibilas terlebih dahulu menggunakan air suling untuk menghindari kontaminasi. Setiap sampel diambil dari bagian tengah aliran sungai dengan kedalaman $\pm 20\text{--}30$ cm dari permukaan air, kemudian disimpan dalam kondisi tertutup dan diberi label sesuai dengan

4. Lokasi sungai.

Untuk menjaga kestabilan sampel sebelum analisis laboratorium, sampel air diawetkan sesuai prosedur standar dengan penambahan asam nitrat (HNO_3) hingga $\text{pH} < 2$, kemudian disimpan pada suhu rendah dan segera dibawa ke laboratorium untuk dianalisis. Setiap sampel dianalisis dalam ulangan pengukuran guna memastikan konsistensi hasil.

5. Parameter yang Dianalisis

Parameter utama yang dianalisis dalam penelitian ini adalah kadar logam berat timbal (Pb) dalam air sungai, yang dinyatakan dalam satuan miligram per liter (mg/L). Parameter ini dipilih karena timbal merupakan logam berat toksik yang umum digunakan sebagai indikator pencemaran lingkungan perairan dan memiliki implikasi ekologis serta kesehatan yang signifikan.

6. Metode Analisis Laboratorium

Analisis kadar timbal (Pb) dalam sampel air sungai dilakukan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Metode ini dipilih karena memiliki tingkat sensitivitas dan akurasi yang tinggi dalam mendeteksi logam berat pada konsentrasi rendah. Sampel air yang telah diawetkan dipersiapkan sesuai prosedur analisis logam berat, kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang spesifik untuk timbal. Konsentrasi timbal dalam sampel ditentukan dengan membandingkan hasil pengukuran dengan kurva standar larutan Pb.

7. Analisis Data

Data hasil pengukuran kadar timbal disajikan dalam bentuk nilai rata-rata dan simpangan baku ($\text{mean} \pm \text{SD}$) pengukuran alat. Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan kadar timbal yang terukur pada masing-masing sungai terhadap baku mutu kualitas air sungai yang berlaku di Indonesia, yaitu 0,03 mg/L untuk parameter timbal. Perbandingan ini digunakan untuk menilai tingkat cemaran dan menentukan status kualitas air sungai, apakah masih memenuhi atau telah melampaui ambang batas yang ditetapkan.

8. Penilaian Risiko Lingkungan

Penilaian risiko lingkungan dilakukan secara kualitatif-deskriptif dengan menjadikan kadar timbal sebagai indikator risiko lingkungan. Sungai dengan kadar timbal yang melampaui baku mutu diinterpretasikan memiliki potensi risiko terhadap ekosistem perairan dan kesehatan masyarakat, terutama bagi kelompok yang memanfaatkan air sungai secara langsung atau tidak langsung. Pendekatan ini digunakan sebagai peringatan dini terhadap degradasi kualitas lingkungan perairan perkotaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh sungai yang dianalisis di Kota Jayapura mengalami cemaran logam berat timbal (Pb) dengan konsentrasi yang secara signifikan melampaui baku mutu kualitas air sungai nasional sebesar 0,03 mg/L. Kadar timbal tertinggi ditemukan pada Sungai Siborongonyi (0,69 mg/L), sedangkan kadar terendah terdapat pada Sungai Entrop (0,18 mg/L). Temuan ini mengindikasikan bahwa sungai-sungai tersebut berada dalam kondisi tertekan secara ekologis dan berpotensi menimbulkan risiko lingkungan. Tabel 1 merupakan hasil pengujian timbal pada air sungaimenggunakan AAS.

Tabel 1. hasil pengujian timbal pada air sungaimenggunakan AAS.

Sampel	Kadar Timbal (Mg/L)
Sungai Acai	$0,29 \pm 0,00$
Sungai Entrop	$0,18 \pm 0,00$
Sungai Hanyaan	$0,37 \pm 0,00$
Sungai Siborongonyi	$0,69 \pm 0,00$

Kondisi cemaran timbal yang melampaui baku mutu pada seluruh sampel sejalan dengan berbagai penelitian serupa di wilayah perkotaan dan semi-perkotaan di Indonesia. Hutuba et al. (2025) melaporkan bahwa kadar Pb pada beberapa sungai di Provinsi Gorontalo juga melebihi ambang batas yang ditetapkan, yang dikaitkan dengan meningkatnya aktivitas manusia di sekitar daerah aliran sungai. Temuan ini menunjukkan bahwa tekanan pencemaran logam berat pada sungai merupakan fenomena yang umum terjadi di wilayah dengan pertumbuhan aktivitas antropogenik yang tinggi.

Penelitian oleh Warsinah et al. (2015) mengungkapkan bahwa timbal dapat terakumulasi pada berbagai kompartemen lingkungan, termasuk air dan sedimen di sekitar tempat pembuangan akhir, serta bersifat persisten dalam jangka panjang. Hal ini sejalan dengan temuan Partogi dan Purnomo (2014) yang menunjukkan bahwa distribusi timbal pada lingkungan muara sungai tidak hanya terbatas pada air, tetapi juga pada sedimen dan organisme perairan. Dengan demikian, tingginya kadar timbal pada air sungai di Kota Jayapura dapat dipandang sebagai indikasi awal adanya akumulasi cemaran yang berpotensi berlanjut pada kompartemen lingkungan lainnya.

Variasi kadar timbal antar sungai dalam penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan tingkat tekanan lingkungan yang diterima masing-masing sungai. Fenomena serupa juga dilaporkan oleh Sukaryono dan Dewa (2018), yang menyatakan bahwa perbedaan konsentrasi logam berat pada badan air dipengaruhi oleh karakteristik aliran sungai, intensitas aktivitas manusia di sekitarnya, serta kemampuan alami sungai dalam melakukan proses pengenceran dan sedimentasi. Meskipun penelitian ini tidak mengidentifikasi sumber pencemar secara spesifik, perbedaan kadar timbal antar sungai dapat mencerminkan variasi beban pencemaran lokal.

Keberadaan timbal dalam air sungai memiliki implikasi ekologis yang luas, terutama karena logam berat ini dapat diserap dan terakumulasi oleh organisme akuatik. Ramdanawati et al. (2017) menunjukkan bahwa ikan air tawar yang hidup di perairan tercemar mengandung timbal dan kadmium dalam jaringan tubuhnya. Temuan ini diperkuat oleh Azizah dan Maslahat (2021), yang melaporkan kandungan timbal pada ikan wader dan air Sungai Cikaniki, serta Hananingtyas (2017) pada ikan tongkol di perairan Pantai Utara Jawa. Akumulasi timbal pada organisme perairan berpotensi menjadi jalur utama paparan logam berat kepada manusia melalui rantai makanan.

Dari perspektif kesehatan masyarakat, tingginya kadar timbal pada sungai memiliki konsekuensi yang tidak dapat diabaikan. Naria (2005) menegaskan bahwa paparan timbal bersifat neurotoksik dan dapat menyebabkan gangguan sistem saraf, terutama pada anak-anak. Studi oleh Raharjo et al. (2018) secara empiris menunjukkan hubungan antara konsumsi biota perairan yang tercemar dengan peningkatan kadar timbal dalam darah masyarakat di sekitar sungai. Dengan demikian, cemaran timbal pada sungai-sungai di Kota Jayapura dapat dipandang sebagai potensi risiko kesehatan lingkungan, khususnya bagi masyarakat yang memanfaatkan sungai secara langsung maupun tidak langsung.

Dalam kerangka pemantauan dan pengelolaan lingkungan, logam berat sering digunakan sebagai indikator risiko lingkungan karena sifatnya yang stabil dan mencerminkan akumulasi tekanan pencemaran dalam jangka panjang. Sumampouw dan Risjani (2018) menegaskan bahwa parameter logam berat merupakan indikator penting dalam menilai tingkat pencemaran lingkungan perairan. Penelitian oleh Syafriliansah dan Purnomo (2022) menunjukkan bahwa kadar timbal pada air dan tumbuhan akuatik dapat digunakan sebagai indikator kualitas air sungai, sedangkan Masruroh dan Purnomo (2024) menegaskan bahwa organisme akuatik efektif digunakan sebagai bioindikator pencemaran logam berat.

Selain itu, Indriyani dan Mulki (2024) dalam tinjauan sistematisnya menyimpulkan bahwa sebagian besar sungai di Indonesia menunjukkan indikasi cemaran logam berat pada air dan biota, terutama di wilayah dengan tekanan aktivitas manusia yang tinggi. Temuan tersebut memperkuat posisi hasil penelitian ini sebagai bagian dari pola nasional pencemaran logam berat di sungai-sungai Indonesia.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa cemaran timbal pada air sungai di Kota Jayapura berada pada tingkat yang mengkhawatirkan dan melampaui baku mutu yang ditetapkan. Dengan menjadikan kadar timbal sebagai indikator risiko lingkungan, penelitian ini memberikan gambaran awal mengenai degradasi kualitas lingkungan perairan perkotaan di Jayapura. Meskipun bersifat deskriptif, temuan ini cukup kuat untuk menjadi dasar peringatan dini serta mendorong perlunya pemantauan lanjutan, analisis sumber pencemar, dan kajian risiko kesehatan yang lebih mendalam guna mendukung pengelolaan sungai yang berkelanjutan. Gambar 1 adalah dokumentasi penelitian :



Gambar 1. Dokumentasi penelitian

KESIMPULAN

Air sungai yang dianalisis di Kota Jayapura mengandung logam berat timbal (Pb) dengan konsentrasi yang melampaui baku mutu kualitas air sungai nasional. Kadar timbal yang terukur pada Sungai Acai, Sungai Entrop, Sungai Hanyaan, dan Sungai Siborongonyi masing-masing berada pada kisaran 0,18–0,69 mg/L, atau berkali-kali lipat lebih tinggi dibandingkan ambang batas yang ditetapkan. Temuan ini mengindikasikan bahwa sungai-sungai tersebut telah mengalami cemaran timbal yang signifikan dan tidak memenuhi kriteria kualitas air yang aman untuk berbagai peruntukan.

Variasi kadar timbal antar sungai mencerminkan perbedaan tingkat tekanan lingkungan yang diterima masing-masing badan air, meskipun penelitian ini tidak mengidentifikasi sumber pencemar secara spesifik. Sungai Siborongonyi menunjukkan tingkat cemaran tertinggi, sementara Sungai Entrop memiliki kadar timbal relatif lebih rendah dibandingkan sungai lainnya, namun tetap berada di atas baku mutu. Kondisi ini menegaskan bahwa cemaran timbal merupakan persoalan yang bersifat menyeluruh pada sungai-sungai perkotaan di Kota Jayapura.

Dengan menjadikan kadar timbal sebagai indikator risiko lingkungan, penelitian ini memberikan gambaran awal mengenai potensi degradasi kualitas lingkungan perairan dan risiko kesehatan yang mungkin ditimbulkan, terutama bagi masyarakat yang memanfaatkan sungai secara langsung maupun tidak langsung. Meskipun bersifat deskriptif dan eksploratif, hasil penelitian ini cukup kuat untuk berfungsi sebagai peringatan dini terhadap kondisi kualitas air sungai di Kota Jayapura.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, M., & Maslahat, M. (2021). Kandungan logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), dan merkuri (Hg) di dalam tubuh ikan wader (*Barbodes binotatus*) dan air Sungai Cikaniki, Kabupaten Bogor. *Limnotek: perairan darat tropis di Indonesia*, 28(2).
- Debora Setiani, S. (2024). ANALISIS PENCEMARAN LOGAM BERAT TIMBAL AKIBAT AKTIVITAS PEMBUANGAN LIMBAH INDUSTRI 'X' DI ALIRAN SUNGAI GAJAH WONG YOGYAKARTA TAHUN 2023 (Doctoral dissertation, Poltekkes Kemenkes Yogyakarta).
- Hananingtyas, I. (2017). Studi pencemaran kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada ikan tongkol (*Euthynnus sp.*) di Pantai Utara Jawa. *Biotropic: The Journal of Tropical Biology*, 1(2), 41-50.

- Hutuba, A. H., Maku, M. A., Taupik, M., Mustapa, M. A., & Suryadi, A. M. T. A. (2025). Analisis Cemaran Logam Berat Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Tembaga (Cu) pada Sungai Provinsi Gorontalo. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, 7(1).
- Indriyani, Y. L., & Mulki, M. A. (2024). Review Artikel: Analisis Kandungan Cemaran Logam Berat Pada Ikan Yang Berada Di Sungai Indonesia. *Jurnal Sehat Mandiri*, 19(1), 169-176.
- Komarudin, D., Hidayat, F., & Putri, D. K. (2021). Analisis kadar cemaran logam berat timbal (Pb) dan kadmium (cd) pada air tanah di perumahan perumnas bekasi. *ISTA Online Technology Journal*, 2(1), 8-13.
- Partogi, M. A., & Purnomo, P. W. (2014). Distribusi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Cadmium (Cd) Di Sedimen, Air Dan Bivalvia Di Lingkungan Muara Sungai Wiso Jepara. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 3(4), 92-101.
- Naria, E. (2005). Mewaspadai dampak bahan pencemar timbal (Pb) di lingkungan terhadap kesehatan. *Jurnal komunikasi penelitian*, 17(4), 66-72.
- Masruroh, S., & Purnomo, T. (2024). Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Tumbuhan Akuatik sebagai Indikator Pencemaran di Sungai Brantas Mojokerto. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 13(1), 131-140.
- Raharjo, P., Raharjo, M., & Setiani, O. (2018). Analisis Risiko Kesehatan dan Kadar Timbal Dalam Darah:(Studi Pada Masyarakat yang Mengonsumsi Tiram Bakau (*Crassostrea gigas*) di Sungai Tapak Kecamatan Tugu Kota Semarang). *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 17(1), 9-15.
- Ramdanawati, L., Emawati, E., & Asmayati, B. E. (2017). Analisis Kadar Cemaran Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Sampel Ikan Air Tawar dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Jurnal Farmagazine*, 4(2), 26-30.
- Sukaryono, I. D., & Dewa, R. P. (2018). Pemantauan kandungan logam berat Pb dan Cd pada sedimen di Pesisir Teluk Ambon dalam sebagai indikasi tingkat pencemaran. *Majalah Biam*, 14(1), 1-7.
- Sumampouw, O. J., & Risjani, Y. (2018). Indikator Pencemaran Lingkungan. Deepublish.
- Syafriliansah, M. W., & Purnomo, T. (2022). Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Tumbuhan Aquatik dan Air Sebagai indikator kualitas Air Sungai Brangkal Mojokerto. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 11(2), 341-350.
- Warsinah, W., Suheryanto, S., & Windusari, Y. (2015). Kajian Cemaran Logam Berat Timbal (Pb) pada Kompartemen di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sukawinatan Palembang. *Jurnal penelitian sains*, 17(2).