



Artikel Penelitian

Eliminasi Kandungan Timbal (Pb) pada Air Laut Tercemar di Kota Kendari Menggunakan Kulit Pisang Kepok

Aryani Adami^{a,*}, Karim Karim^b, Rosdiana Rosdiana^b

^a Program Studi D3 Sanitasi, Universitas Mandala Waluya, Jl. Jend. A. H. Nasution No. G-37 Kendari – Sulawesi Tenggara, Indonesia.

^b Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Kendari, Jl. K. H. Ahmad Dahlan No. 10 Kendari – Sulawesi Tenggara, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 21 April 2026

Revisi Akhir: 1 Mei 2026

Diterbitkan Online: 30 Juni 2026

KATA KUNCI

Adsorpsi; Bioadsorben; Kulit Pisang Kepok; Teluk Kendari

KORESPONDENSI

Telepon: +62 813 2838 4364

E-mail: aryaniadami@gmail.com

ABSTRACT

Heavy metal pollution, particularly lead (Pb), in the waters of Kendari Bay has become a serious environmental problem due to its toxic and bioaccumulative nature. This study aims to analyze the effectiveness of a bioadsorbent derived from banana peel waste in reducing Pb levels in seawater samples from Kendari Bay. The method of this research is quantitative with experimental on a laboratory scale. The adsorption process was carried out by mixing 60 grams of banana peel charcoal with 500 mL of seawater samples and allowing it to stand at three different contact times: 60 minutes, 90 minutes, and 120 minutes. Pb concentrations before and after treatment were analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). The results showed that banana peel exhibited maximum adsorption capacity at a contact time of 120 minutes, with an effectiveness value of 64.95%. Banana peel charcoal contains cellulose with hydroxyl functional groups (-OH) that act as active sites for binding Pb ions. The longer contact time between adsorbent and adsorbate increases the amount of Pb ions adsorbed onto the surface until equilibrium is reached. Therefore, banana peel bioadsorbent has strong potential as an economical, environmentally friendly, and effective adsorbent for reducing lead levels in seawater from Kendari Bay.

1. PENDAHULUAN

Teluk Kendari merupakan salah satu kawasan pesisir yang memiliki peran penting sebagai pusat aktivitas ekonomi, transportasi, dan pemukiman di Kota Kendari, Provinsi Sulawesi Tenggara. Perkembangan wilayah yang cukup pesat di sekitar Teluk Kendari mendorong peningkatan aktivitas manusia seperti kegiatan pelabuhan, perikanan, industri, serta kegiatan domestik manusia. Kondisi tersebut berpotensi menurunkan kualitas lingkungan perairan, khususnya akibat masuknya berbagai bahan pencemar ke dalam perairan Teluk Kendari (Yasin, 2025).

Salah satu jenis pencemar yang memberikan sumbangan dalam penurunan kualitas lingkungan adalah logam berat. Secara alami, logam berat terdapat dalam kerak bumi (Winarmadani, 2019). Kegiatan manusia yang menghasilkan limbah berpotensi mengandung logam berat yang bersifat toksik. Dalam lingkungan perairan, logam berat tersebut dapat terakumulasi melalui proses biokonsentrasi, bioakumulasi, dan biomagnifikasi (Simbolon, 2018). Salah satu logam berat yang sering menjadi perhatian

dalam lingkungan perairan adalah timbal (Pb) (Luckycia et al., 2025).

Timbal merupakan logam berat yang berpotensi memberikan dampak pencemaran terhadap pesisir laut dan dapat menimbulkan efek toksik bagi makhluk hidup (Setyaningrum et al., 2018). Timbal masuk ke dalam perairan dapat melalui tumpahan bahan bakar kapal yang parkir di sekitar Teluk Kendari, kegiatan pengecatan kapal di laut, limbah pemukiman, industri, pelabuhan, pelayaran, pertanian, perikanan, dan budidaya laut (Noviaren et al., 2022).

Peningkatan konsentrasi timbal di perairan akan membentuk senyawa kompleks dengan senyawa organik dalam perairan dan menjadi endapan di dasar perairan (Bartoszek & Gruca-Rokosz, 2022). Akumulasi logam berat tersebut berpotensi menurunkan kualitas perairan serta meningkatkan efek toksisitas bagi biota perairan. Hal ini dapat menyebabkan terganggunya keberlangsungan organisme yang memiliki peran penting dalam ekosistem perairan (Luckycia et al., 2025). Akumulasi timbal

dalam sedimen juga dapat menyebabkan terhambatnya proses biokimia dalam penguraian bahan organik di perairan yang akan mempengaruhi proses pemurnian air secara alami (Purnomo et al., 2025). Timbal dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan, minuman, udara, atau melalui kulit. Setelah masuk ke dalam tubuh, timbal akan terdistribusi ke berbagai organ terutama otak, hati, dan ginjal. Paparan timbal dalam jangka panjang dapat menyebabkan gangguan sistem saraf dan pencernaan serta anemia akibat terganggunya proses pembentukan hemoglobin (Rosita & Widiarti, 2018).

Berdasarkan hasil pengujian awal sampel air di Teluk Kendari mengandung timbal dengan konsentrasi 0,234 mg/L. Nilai ini melebihi baku mutu kadar timbal di perairan untuk biota laut yang ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 sebesar 0,008 mg/L (Baku Mutu Air Laut, 2004). Tingginya kandungan timbal di perairan Teluk Kendari tidak hanya berdampak pada kualitas lingkungan, tetapi juga berpotensi mengancam kesehatan manusia melalui rantai makanan (Ahmad et al., 2021).

Adanya Pb dalam darah dapat menghambat proses pembentukan sel darah merah di sumsum tulang belakang karena dapat menghambat proses pembentukan protoporfirin yang merupakan komponen penting hemoglobin (Mayaserli et al., 2023). Hal ini dapat menyebabkan terjadinya anemia, kerusakan pada ginjal, liver, sistem syaraf, dan sistem reproduksi manusia (Rosita & Widiarti, 2018). Oleh karena itu diperlukan upaya pengendalian dan penanganan pencemaran logam berat di perairan Teluk Kendari.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kulit pisang kepok dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi logam berat. (Rifai et al., 2025) menunjukkan bahwa dengan dosis adsorben 2 g/100 mL larutan, waktu kontak 60 menit, dan pH 5 – 6 dapat mencapai kapasitas adsorpsi maksimum mencapai 20 mg/g. Penelitian oleh (Maiza et al., 2019) juga menunjukkan bahwa karbon aktif dari kulit pisang kepok dapat menurunkan kadar dari 24 unsur logam berat yang terdapat dalam sampel limbah air galian tambang emas. Kulit pisang kepok juga telah digunakan untuk menangani limbah ion Cd^{2+} . Kapasitas penyerapan optimum pada waktu kontak 30 menit dengan kapasitas penyerapan sebesar 12,73 mg/g. Berdasarkan penelitian tersebut maka metode yang dapat dikembangkan untuk menurunkan kadar timbal yang terdapat dalam sampel air dari Teluk Kendari pada penelitian ini adalah penggunaan bioadsorben kulit pisang kepok (*Musa acuminata x balbisiana*).

Kawasan pesisir Teluk Kendari merupakan salah satu pusat aktivitas masyarakat yang cukup padat, baik dari sektor pariwisata, perdagangan, maupun kuliner. Salah satu kuliner khas yang banyak dijumpai di sepanjang pesisir Teluk Kendari adalah pisang epe (Ali et al., 2025). Kuliner ini menghasilkan banyak limbah kulit pisang kepok yang berpotensi untuk dijadikan sebagai bioadsorben khususnya untuk mengadsorpsi logam berat (Putra et al., 2019).

Kulit pisang merupakan limbah biomassa yang di dalamnya mengandung selulosa (7,6% – 9,6%), lignin sebesar 6 – 12%) pektin (10 – 21%) serta hemiselulosa (6,4 – 9,4%) (Amelia,

2022). Kulit pisang telah banyak digunakan sebagai bioadsorben. (Arifiyana & Devianti, 2020) mengadsorpsi besi yang terdapat dalam limbah cair. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kadar besi dalam limbah cair dapat menurun hingga 86,38%. (Pratama & Nasra, 2024) juga melakukan penelitian penggunaan kulit pisang kepok sebagai bioadsorben logam berat Cd^{2+} . Hasil penelitian menunjukkan bahwa kulit pisang kepok mampu menyerap ion Cd^{2+} sebesar 12,73 mg/g pada waktu kontak 30 menit. Penelitian oleh (Fatmi & Putra, 2018) menguji efektivitas kulit pisang sebagai bioadsorben logam berat Zn. Hasil penelitian menunjukkan pada waktu optimum 90 menit, bioadsorben kulit pisang dapat menyerap Zn sebesar 75 mg/L. Berdasarkan penelitian tersebut di atas maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas kulit pisang kepok dalam menurunkan kadar timbal yang terdapat dalam perairan Teluk Kendari.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi Penelitian

Sampel air laut dari perairan Teluk Kendari diambil dari 3 titik di kawasan Kendari Beach Kota Kendari. Sampel dari 3 titik tersebut dicampur dalam satu wadah untuk kemudian diuji di laboratorium untuk mengetahui kadar timbal yang terdapat dalam larutan sampel tersebut.

2.2. Pengambilan Sampel Air

Sebelum penelitian terlebih dahulu dilakukan pengujian awal sampel untuk mengetahui kadar timbal dalam air laut sebelum perlakuan. Proses pengambilan sampel air laut mengacu pada (SNI No. 6964-8-2015, n.d.) tentang metode pengambilan sampel air laut. Sampel air laut diambil dari tiga titik yang berbeda kemudian digabungkan ke dalam satu wadah jerigen berukuran 5000 mL. Sebagian sampel dibawa ke laboratorium untuk diuji kadar timbalnya, dan sebagian lagi akan dilakukan perlakuan adsorpsi.

2.3. Pengujian Sampel Air

Sampel air laut yang telah dimasukkan ke dalam wadah kemudian dibawa ke laboratorium untuk diuji kadar timbal yang terdapat di dalam air sampel. Proses pengujian kadar timbal dalam air laut dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA). Hasil pengujian menunjukkan kadar timbal dalam sampel air laut sebelum perlakuan sebesar 0,234 mg/L.

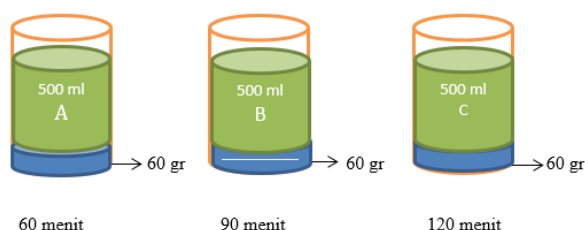
2.4. Pembuatan Adsorben

Kulit pisang kepok sebagai media adsorben diambil dari salah satu penjual pisang epe di Kawasan Kendari Beach. Kulit pisang tersebut dipotong kecil hingga berukuran ≤ 5 mm. Setelah dipotong kecil, kulit pisang kemudian dicuci untuk menghilangkan zat pengotornya. Setelah itu kulit pisang dijemur di bawah sinar matahari selama 3 hari berturut-turut. Kulit pisang yang telah dikeringkan kemudian ditumbuk dan diayak menggunakan ayakan 10 mesh. Hasil ayakan arang kulit pisang kemudian dimasukkan ke dalam tiga wadah. Masing-masing wadah diisi dengan 60 gram adsorben kulit pisang.

2.5. Proses Pengujian Adsorpsi

Terdapat tiga wadah yang telah berisi adsorben kulit pisang dengan berat adsorben masing-masing 60 gram. Pada setiap

wadah dituangkan air laut sebanyak 500 mL yang sebelum dituangkan harus dikocok terlebih dahulu supaya konsentrasi di dalam sampel seragam. Selanjutnya dilakukan pengadukan agar sampel adsorben tercampur dengan baik. Proses pengadukan dilakukan selama 10 menit untuk setiap sampel dalam wadah. Setelah pengadukan kemudian sampel didiamkan. Pada setiap wadah dilakukan perlakuan yang berbeda yaitu perbedaan waktu tinggal proses adsorpsi. Wadah (1) didiamkan selama 60 menit, wadah (2) didiamkan selama 90 menit, dan wadah (3) didiamkan selama 120 menit. Skema pengujian dapat dilihat pada Gambar 1:



Gambar 1. Skema pengujian Adsorpsi

2.6. Perhitungan Efektivitas Adsorpsi

Analisis kemampuan kulit pisang kepok untuk menurunkan kadar Pb pada air laut dapat dilihat dari persentase penurunan kadar Pb dalam sampel air laut dari sebelum perlakuan sampai setelah adanya perlakuan adsorpsi dengan menggunakan kulit pisang kepok sebagai media adsorben. Adapun persamaan untuk menentukan efektivitas proses adsorpsi adalah sebagai berikut :

$$\%R = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Teluk Kendari merupakan salah satu perairan pesisir yang terletak di Kota Kendari, Sulawesi Tenggara. Kawasan ini memiliki peran strategis sebagai pusat kegiatan ekonomi, transportasi laut, perikanan, serta kawasan pemukiman masyarakat. Hal ini berdampak pada meningkatnya pencemaran lingkungan termasuk pencemaran logam berat di Teluk Kendari. Beberapa sungai di Kendari dan Konawe bermuara di Teluk Kendari yang menjadikan Teluk Kendari berpotensi menerima bahan pencemar dari sungai-sungai tersebut. Dinamika pasang surut dan arus juga mempengaruhi distribusi sedimen serta zat pencemar di dalam perairan Teluk Kendari. Adanya pencemaran di Teluk Kendari menjadi perhatian karena berdampak pada ekosistem perairan dan kesehatan manusia. Biota laut seperti ikan dan kerang dapat mengakumulasi zat berbahaya, yang kemudian berisiko bagi masyarakat yang mengkonsumsinya.

3.2. Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pengujian awal pada sampel air dari perairan Teluk Kendari diperoleh kadar timbal sebesar 0,234 mg/L. Nilai ini melebihi baku mutu kadar timbal yang diperbolehkan ada di dalam perairan laut untuk biota laut. Pada penelitian ini dilakukan usaha untuk mengurangi kadar Pb dalam sampel air dengan

menggunakan kulit pisang kepok sebagai media adsorben. Kulit pisang kepok mengandung komponen utama seperti selulosa, hemiselulosa, lignin dan pektin yang mampu mengikat ion logam berat seperti Pb melalui mekanisme pertukaran ion dan adsorpsi fisik.

Penelitian ini dilakukan dengan mencampur sampel kulit pisang yang telah dikeringkan dengan sampel air laut. Pengamatan dilakukan pada tiga sampel dengan jumlah sampel air laut yang sama yaitu 500 mL dan jumlah adsorben yang sama yaitu 60 gram. Terdapat perbedaan waktu tinggal (t) untuk ketiga sampel yaitu sampel A ($t = 60$ menit), sampel B ($t = 90$ menit), dan sampel C ($t = 120$ menit). Setelah dilakukan perlakuan, kemudian dilakukan pengujian kadar timbal dalam sampel dengan menggunakan SSA. Hasil analisa sampel dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Hasil analisis kadar timbal

Kode Sampel	Sebelum Perlakuan (mg/L)	Setelah Perlakuan (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)	Penyisihan (%)
A	0,234	0,201	0,08	14,10
B	0,234	0,151	0,08	35,74
C	0,234	0,082	0,08	64,95

Sumber : Hasil Pengujian

3.3. Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan proses pengujian adsorpsi logam berat timbal pada air laut dari kawasan Teluk Kendari menggunakan bioadsorben kulit pisang kepok. Proses pengujian dilakukan dalam tiga waktu tinggal yang berbeda yaitu 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bioadsorben kulit pisang dapat menurunkan kadar timbal pada sampel air dengan efektivitas yang berbeda-beda sesuai dengan lama waktu kontak antara sampel air dan bioadsorben. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Milawati et al., 2024) yang berhasil menurunkan kadar timbal dalam air lindi hingga 75,8% menggunakan kulit pisang dan penelitian oleh (Putra et al., 2019) yang menurunkan kadar timbal hingga 95,6% dalam larutan Pb menggunakan kulit pisang

Pada sampel A dengan waktu tinggal 60 menit, terjadi pengurangan kadar timbal pada sampel air dari 0,234 mg/L menjadi 0,201. Efektivitas penyisihan timbal sebesar 14,10%. Nilai kadar timbal setelah didiamkan selama 60 menit ini masih berada di atas baku mutu kadar timbal yang diperbolehkan pada air laut untuk biota laut yaitu 0,08 mg/L. Hasil penjerapan dengan waktu tinggal 60 menit hanya mampu menurunkan kadar timbal dalam sampel air sedikit saja. Hal ini disebabkan karena pada karbon aktif yang terbuat dari bahan alami, tidak hanya tersusun oleh senyawa karbon saja tetapi juga tersusun oleh beberapa mineral. Pada saat dibakar, mineral yang terdapat di dalam biokarbon ini akan menjadi abu. Adanya abu berpotensi untuk menutup pori-pori karbon aktif sehingga mengurangi luas permukaan dan menyebabkan berkurangnya kemampuan adsorpsi karbon aktif (Putri et al., 2019). Selain itu, pada tahap awal banyak pori aktif yang masih kosong.

Sampel B memiliki volume air yang sama yaitu 500 mL dan massa bioadsorben yang sama yaitu 60 gram. Waktu tinggal proses adsorpsi selama 90 menit. Hasil pengujian menunjukkan pada waktu tinggal 90 menit diperoleh kadar timbal setelah perlakuan sebesar 0,151 mg/L dan efektivitas penjerapan oleh bioadsorben kulit pisang kepok sebesar 35,74%. Kadar timbal dalam sampel air sudah berkurang banyak akan tetapi belum memenuhi baku mutu air laut untuk biota laut. Pada sampel B ini, daya serap bioadsorben belum optimal. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain keterbatasan jumlah pori yang tertutup oleh abu dari kandungan mineral pada bioadsorben dan sedikitnya jumlah gugus aktif seperti karboksil dan hidroksil yang terbentuk (Bai et al., 2024).

Pada sampel C dengan sampel yang sama tetapi waktu tinggal lebih lama yaitu 120 menit terlihat bahwa kadar timbal dalam sampel air laut mengalami penurunan hingga 64,95%. Kadar timbal dalam sampel air setelah perlakuan menjadi 0,082 mg/L. Waktu kontak yang lama antara adsorben dan adsorbat menyebabkan semakin banyak timbal yang terserap oleh adsorben. Waktu kontak yang lebih lama dalam proses adsorpsi timbal akan meningkatkan jumlah adsorbat yang terikat pada permukaan adsorben hingga mencapai kondisi kesetimbangan. menyebabkan gugus aktif dari selulosa dalam mengikat ion logam timbal mencapai kondisi optimum (Pratama & Nasra, 2024).

Kulit pisang kepok mengandung selulosa yang memiliki gugus hidroksil (-OH) yang berfungsi sebagai situs aktif untuk mengikat ion Pb. Akan tetapi, selulosa ini bersifat hidrofilik sehingga mudah menyerap air. Proses pengarangan kulit pisang kepok yang akan digunakan sebagai bioadsorben dapat menghilangkan kandungan air yang terdapat di dalam bioadsorben kulit pisang kepok dan membantu mengaktifkan permukaan karbon. Adanya kandungan air dalam bioadsorben dapat menghambat proses adsorpsi. Molekul air akan menempati dan menutup pori-pori permukaan adsorben sehingga dapat mengurangi kemampuan adsorben untuk menyerap kontaminan (Arifiyana & Devianti, 2020). Sementara pengarangan kulit pisang kepok menjadi karbon akan menyebabkan pori-pori semakin luas sehingga akan banyak adsorbat yang terjerap ke dalam adsorben sehingga proses adsorpsi menjadi lebih maksimal (Satriamafitrah et al., 2023).

Berdasarkan penelitian ini dapat dilihat bahwa penggunaan kulit pisang kepok sebagai adsorben merupakan metode yang efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan dalam pengolahan air laut yang tercemar logam berat, khususnya timbal (Pb). Metode ini juga berpotensi dikembangkan sebagai alternatif teknologi sederhana dalam pengendalian pencemaran di wilayah pesisir seperti Teluk Kendari.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah kulit pisang kepok dapat menurunkan kadar timbal pada sampel air dari Teluk Kendari yang telah tercemari oleh timbal. Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa dengan waktu kontak 60 menit kadar timbal hanya mengalami penurunan sebesar 14,10%. Pada

waktu kontak 90 menit, kadar timbal dalam sampel air menurun hingga 35,47% dan pada waktu kontak 120 menit terjadi penurunan kadar timbal yang optimum yaitu hingga mencapai 64,95%. Waktu kontak yang lebih lama dalam proses adsorpsi timbal akan meningkatkan jumlah adsorbat yang terikat pada permukaan adsorben hingga mencapai kondisi kesetimbangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Rahman, & Hidayat. (2021). Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Sedimen Dan Air Di Sungai Jeneberang Kota Makassar 2020. *Window of Public Health Journal*, 2.
- Ali, L., Brata, J. T., & Bariun, L. O. (2025). Evaluasi Kebijakan Penataan PKL di Kota Kendari. *Arus Jurnal Sosial Dan Humaniora*, 5(2). <http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajshhttps://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajsh>
- Amelia, F. (2022). *Optimasi Waktu Produksi Xilosa dari Limbah Kulit Pisang Ambon oleh Kapang (Trichoderma harzianum)*. Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka.
- Arifiyana, D., & Devianti, V. A. (2020). Biosorpsi Logam Besi (Fe) Dalam Media Limbah Cair Artifisial Menggunakan Biosorben Kulit Pisang Kepok (Musa acuminata). *Jurnal Kimia Riset*, 5(1), 1.
- Bai, T., Yao, Y., Zhao, J., Tian, L., & Zhang, L. (2024). Adsorption Performance and Mechanism of H₃PO₄-Modified Banana Peel Hydrothermal Carbon on Pb(II). *Separations*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/separations11010017>
- Baku Mutu Air Laut (2004).
- Bartoszek, L., & Gruca-Rokosz, R. (2022). Heavy Metal Accumulation in Sediments of Small Retention Reservoirs - Ecological Risk and The Impact of Humic Substances Distribution. *Resources*, 11(12).
- Fatmi, D., & Putra, B. H. P. (2018). Studi Efektifitas Limbah Kulit Pisang (Musa Acuminata) Sebagai Biosorben Logam Berat Seng (Zn). *MENARA Ilmu*, 12(9), 40–50.
- Luckycia, V., Sulistyorini, L., Fadholi, F. A. N., Arumdapta, K. A., & Kresnaya, W. A. (2025). Kontaminasi Timbal (Pb) Pada Ikan : Literatur Review. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 6(2), 4637–4649.
- Maiza, R. K., Hasan, M., Fadly, M., & Astuti, A. (2019). Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Pisang untuk Pemurnian Air Tambang Emas di Sungai Batang Palangki Kabupaten Sijunjung. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 15(1), 7–11. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v15i1.3815>
- Mayaserli, D. P., Rosita, B., & Oktafilinda, R. (2023). Hubungan Kadar Timbal (Pb) Di Dalam Darah dengan Morfologi Sel Eritrosit Pada Perokok Aktif di Lubuk Buaya Kota Padang. *Journal of Research and Education Chemistry*, 5(2).
- Noviaren, A., Yona, D., & Iranawati, F. (2022). *Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Perairan Laut*. Universitas Brawijaya.
- Pratama, R., & Nasra, E. (2024). Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Ion Cd 2+ Menggunakan Selulosa Kulit Pisang Kepok (Musa balbisiana Colla). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(1), 16379–16383.

- Purnomo, E., Kusumaningrum, H. P., Budiharjo, A., & Lunggani, A. T. (2025). Tingkat Kontaminasi Tembaga dan Timbal pada Perairan Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(5), 1378–1384. <https://doi.org/10.14710/jil.23.5.1378-1384>
- Putra, I. P. K. A., Narwati, Hermiyanti, P., & Trisyanti, H. (2019). Bioadsorben Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata* L.) Dalam Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Pada Larutan Pb. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*, 10(1), 7.
- Putri, I. D., Daud, S., & Elystia, S. (2019). Pengaruh Massa dan Waktu Kontak Adsorben Cangkang Buah Ketapang Terhadap Efisiensi Penyisihan Logam Fe Dan Zat Organik Pada Air Gambut. *Jom FTEKNIK*, 6(2), 1–13.
- Rifai, M., Hakiki, A., & Rositawati, L. (2025). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang sebagai Adsorben Alami untuk Menurunkan Kadar Logam Berat Pb(II) dalam Air. *Pure Chemistry Research*, 1(1), 15–21. <https://doi.org/10.70716/purechem.v1i1.267>
- Rosita, B., & Widiarti, L. (2018). Hubungan Toksisitas Timbal (Pb) Dalam Darah Dengan Hemoglobin Pekerja Pengecatan Motor Pekanbaru. *Prosiding Seminar Kesehatan Perintis*, 1(1), 2256.
- Satrimafitrah, P., Inda, N. I., Sumarni, N. K., Sarapun, V., Aprilia, N. F., & Shiomori, K. (2023). pH Effect, Isothermal Adsorption, and Adsorption Kinetic Study of Copper(II) Ion into PVA/Alginate Beads Containing Banana Peels. *J. Pure App. Chem. Res*, 2023(3), 166–180. <https://doi.org/10.21776/ub.jpacr.2023.012.03.3319>
- Setyaningrum, E. W., Dewi, A. T. K., Yuniartik, M., & Masithah, E. D. (2018). Analisis Kandungan Logam Berat Cu, Pb, Hg, dan Sn Terlarut di Pesisir Kabupaten Banyuwangi. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan Dan Perikanan IV 2018*, 144–153.
- Simbolon, A. R. (2018). Konsentrasi Logam Kadmium (Cd) Dan Merkuri (Hg) Pada Kerang Hijau (*Perna Viridis*) Di Perairan Cilincing Pesisir Dki Jakarta. *Jurnal Pro-Life*, 5(2), 534–542.
- SNI No. 6964-8-2015.
- Winarmadani. (2019). *Analisis Kandungan Logam Berat (Pb, Cd, Cu, Fe) Pada Tanah di Rawapening Kabupaten Semarang Jawa Tengah*. Universitas Islam Indonesia.
- Yasin, A. (2025). Marine Debris di Perairan Teluk Kendari: Sebuah Analisis Komparatif Spasial Melalui Platform Google Earth Engine (2023 vs. 2025). *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(3), 5059–5068. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i3.2722>

NOMENKLATUR

Nomenklatur untuk persamaan (1) adalah sebagai berikut :

R : Penyisihan

C_{in} : Konsentrasi pada larutan saat awal (mg/L)

C_{out}: Konsentrasi pada larutan saat kesetimbangan (mg/L)