

Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan

Volume 16(1), 2023, pp. 61-68

<https://e-journal.poltekkesjogja.ac.id/index.php/Sanitasi>

Potensi Bioremediasi Tanaman Puring (*Codiaeum variegatum*) terhadap Pencemaran Timbal (Pb) di Jalan Raya: Studi Lapangan

Ibnu Rois^{a*}, Sri Muryani^b

Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, Jl. Tata Bumi No. 4 Yogyakarta

^a ibnu.rois@poltekkesjogja.ac.id, ^b muryanisri63@gmail.com

* Corresponding Author

Receipt: 01 June 2023 ; Revision: 20 July 2024; Accepted: 31 August 2024

Abstract: Pencemaran udara di perkotaan paling banyak disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor yang mengandung aditif timbal (Pb). Salah satunya adalah *tetraethyl lead* (TEL) dalam bahan bakar kendaraan yang menghasilkan partikel halus timbal (Pb). Partikel timbal ini berbahaya karena ukurannya yang sangat halus sehingga sangat mudah terhirup oleh manusia. Dalam jangka waktu tertentu paparan timbal secara terus menerus akan berdampak pada kesehatan manusia. Pengurangan pencemaran udara oleh partikel timbal ini dapat menggunakan tanaman puring karena memiliki beberapa keunggulan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kemampuan tanaman puring (*Codiaeum variegatum*) dalam menyerap timbal di pinggir jalan raya menggunakan desain pre-post test group design. Tanaman puring ditanam dalam pot dan dipaparkan pada lingkungan yang tercemar timbal selama 3 hari. Hasil analisis menunjukkan peningkatan signifikan kadar timbal dalam daun puring pada berbagai ketinggian tanaman ($p < 0,05$), dengan konsentrasi tertinggi pada ketinggian 0,5 meter sebesar 0,33 mg/Kg. Tanaman Puring terbukti efektif menyerap timbal tanpa mengganggu pertumbuhannya, didukung oleh kemampuan adaptasi yang baik, sistem akar yang luas, dan daun yang berfungsi sebagai filter biologis. Berdasarkan hasil ini, tanaman Puring sangat cocok dimanfaatkan sebagai tanaman hias sekaligus media bioremediasi di area perkotaan yang tercemar timbal (Pb).

Abstrak: Air pollution in urban areas is largely caused by motor vehicle emissions containing lead additives (Pb). One of these additives is tetraethyl lead (TEL) found in vehicle fuels, which produces fine lead particles (Pb). These lead particles are hazardous due to their very fine size, making them easily inhalable by humans. Continuous exposure to lead over time can have significant health impacts on humans. Reducing air pollution from lead particles can utilize the Croton plant because it possesses several advantages. This study aims to measure the ability of the Croton plant (*Codiaeum variegatum*) to absorb lead on the roadside using a pre-post test group design. Croton plants were cultivated in pots and exposed to lead-contaminated environments for 3 days. The analysis results showed a significant increase in lead concentrations in croton leaves at various plant heights ($p < 0.05$), with the highest concentration at 0.5 meters reaching 0.33 mg/Kg. The Croton plant has proven effective in absorbing lead without compromising its growth, supported by its strong adaptability, extensive root system, and leaves acting as biological filters. Based on these

results, the Croton plant is highly suitable for use as both an ornamental plant and a bioremediation medium in urban areas contaminated with lead (Pb).

Keywords: tanaman puring; timbal (Pb); bioremediasi; pencemaran udara; croton plants; lead (Pb); bioremediation; air pollution

PENDAHULUAN

Pencemaran udara dapat berasal dari berbagai sumber. Pencemaran yang terjadi di daerah perkotaan paling banyak berasal dari emisi kendaraan bermotor yang termasuk dalam kategori sumber bergerak. Emisi tersebut dapat menyebar luas dan berkontribusi besar terhadap penurunan kualitas udara di perkotaan. Diperkirakan kendaraan bermotor menyumbang sekitar 85% dari total polutan udara, dengan salah satu polutan utama adalah timbal (Pb). Kondisi ini akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk perkotaan dan penggunaan kendaraan bermotor (Akbar, 2023; Triastuti et al., 2023).

Pencemaran logam timbal secara global terutama disebabkan oleh penggunaan tetraetil timbal dan timbal tetrametil dalam bahan bakar bensin. Timbal ini dapat mencemari tanah, udara, air, dan organisme hidup lainnya, sehingga menimbulkan risiko kesehatan yang serius bagi manusia dan ekosistem (Levanta & Hananingtyas, 2023; Rinawati et al., 2020). Beberapa negara telah sepenuhnya menghapuskan penggunaan bensin bertimbal, seperti Austria, Denmark, Swedia, dan Swiss. Sedangkan negara-negara berkembang seperti Indonesia dan beberapa negara di Afrika telah mengurangi penggunaannya, tetapi belum mampu untuk menghilangkan secara keseluruhan. Upaya untuk mengurangi penggunaan bensin bertimbal di negara-negara berkembang masih belum optimal karena beberapa masalah, yaitu kurangnya regulasi atau peraturan yang ketat dan kesadaran masyarakat. Menjalin kerja sama dengan negara-negara maju untuk penerapan teknologi yang ramah lingkungan tentunya dapat mengurangi masalah tersebut, akan tetapi konsekuensi terhadap biaya yang besar menjadi masalah yang belum dapat teratasi (Nindyapuspa, 2018).

Proses masuknya timbal ke dalam tubuh manusia melalui inhalasi, konsumsi, atau melalui kulit. Di dalam tubuh manusia, timbal didistribusikan ke berbagai organ target, seperti ginjal, hati, otak, sistem saraf, dan tulang. Paparan timbal dalam jangka waktu yang lama dan semakin meningkatnya konsentrasi timbal dapat merusak jaringan saraf dan fungsi ginjal. Gejala keracunan kronis timbal termasuk hilangnya nafsu makan, konstipasi, sakit kepala, anemia, kelumpuhan anggota tubuh, kejang, dan gangguan penglihatan. Selain itu timbal hitam (Pb) dapat mempengaruhi sintesis hemoglobin dan fungsi sistem saraf pusat serta saraf tepi (Levanta & Hananingtyas, 2023).

Anak-anak yang terpapar timbal dapat mengalami dampak neurotoksik yang signifikan. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan permanen pada perkembangan neurologis akibat paparan pada usia dini, yang berdampak pada kemampuan belajar, perilaku, dan fungsi kognitif mereka. Selain itu, paparan timbal pada orang dewasa sering dikaitkan dengan hipertensi dan berbagai gangguan kesehatan lainnya seperti infeksi saluran pernapasan, iritasi mata dan kulit, serta potensi terjadinya fibrosis paru. Timbal juga dapat memengaruhi fungsi ginjal dan sistem kardiovaskular, memperburuk kondisi kesehatan yang sudah ada dan meningkatkan risiko penyakit kronis (Rinawati et al., 2020; Santosa, 2022).

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa beberapa jenis tanaman mampu menyerap logam berat dari udara, termasuk Pb, Zn, dan Cr. Beberapa tanaman seperti beringin, mahoni, kemuning, akasia, trembesi, bintaro, hanjuang, kepel dan angsana telah terbukti efektif dalam menyerap Pb. Keberadaan Pb di dalam tanaman tersebut dapat ditemui di berbagai bagian, terutama pada bagian daun. Tanaman Puring (*Codiaeum variegatum*) ditemukan memiliki kapasitas penyerapan Pb yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman lidah mertua (*Sansevieria trifasciata*) dan palem kuning

(*Chrysalidocarpus lutescens*). Selain itu, berbagai tanaman hias lainnya juga berpotensi dalam penyerapan Pb dari udara (Darlis et al., 2023; Haryanti et al., 2013; Hidayat et al., 2019; Hindratmo et al., 2019; Mirawati et al., 2016).

Badan Lingkungan Hidup (BLH) Provinsi D.I. Yogyakarta telah melakukan pemantauan kadar Pb udara di Kota Yogyakarta pada tahun 2016. Hasil pemantauan mendapatkan data konsentrasi Pb mencapai $1,59 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Konsentrasi ini masih berada di bawah baku mutu udara yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur D.I. Yogyakarta sebesar $2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Meskipun demikian, paparan jangka panjang terhadap kadar Pb yang mendekati baku mutu tersebut dapat berdampak negatif pada kesehatan manusia. Efek negatif ini meliputi risiko terhadap sistem saraf, kerusakan organ tubuh, serta potensi meningkatkan risiko penyakit kronis seperti kanker dan gangguan perkembangan pada anak-anak (Levanta & Hananingtyas, 2023; Rinawati et al., 2020). Oleh karena itu, perlu adanya upaya yang berkelanjutan dalam pengendalian dan pemantauan polusi udara, terutama konsentrasi Pb udara. Pemanfaatan tanaman Puring (*Codiaeum variegatum*) sebagai media fitoremediasi merupakan salah satu cara pengendalian tersebut. Selaian mampu dalam menyerap Pb, tanaman Puring juga berfungsi sebagai tanaman hias di sepanjang jalan raya atau tempat-tempat lain yang dilalui kendaraan bermotor (Amalia et al., 2015).

METODE

Penelitian ini menggunakan desain pre-post test group design untuk mengukur kandungan Timbal (Pb) yang terserap oleh tanaman Puring (*Codiaeum variegatum*) di pinggir jalan raya dengan lalu lintas padat untuk memastikan paparan Pb yang maksimal pada tanaman. Tanaman Puring ditanam dalam pot dan dirawat hingga satu bulan atau sampai muncul tunas baru sebagai indikasi tanaman telah beradaptasi. Perawatan meliputi penyiraman rutin dan pemberian nutrisi yang dibutuhkan. Setelah itu, tanaman dipindahkan ke 7 titik lokasi penelitian dan diletakkan di atas rak besi dan dibiarkan terpapar emisi kendaraan selama 3 hari (3 x 24 jam). Sampel daun diambil dari ketinggian 0,5 meter, 1 meter, 1,5 meter dan 2 meter dari permukaan tanah untuk mengidentifikasi distribusi penyerapan Pb. Analisis kadar Pb dilakukan di laboratorium menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Data hasil penelitian dianalisis menggunakan uji statistik untuk menentukan tingkat penyerapan Pb pada tanaman Puring di berbagai ketinggian dan perbandingan kadar Pb sebelum dan sesudah paparan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil pemeriksaan kadar Pb pada daun Puring (*Cadiaeum variegatum*) pada ketinggian 0.5 meter, 1 meter, 1.5 meter dan 2 meter sebelum dan setelah dipaparkan dapat dilihat pada tabel-tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Kadar Pb pada Daun Puring (*Cadiacum variagatum* L) Sebelum dan Setelah Dipaparkan dengan Ketinggian 0,5 meter

No	Lokasi/Titik	Sebelum (mg/Kg)	Setelah (mg/Kg)	Selisih (mg/Kg)	Persentase (%)
1	Jl. Godean KM 4,5	0,21	0,26	0,05	23,81
2	Jl. Wates (pelemgurih)	0,23	0,27	0,04	17,40
3	Jl. Godean (Demak Ijo)	0,23	0,37	0,14	60,87
4	Jl. Ring Road Utara	0,22	0,36	0,13	59,09
5	Jl. Magelang (Denggung)	0,23	0,35	0,12	52,17

Ibnu Rois, Sri Muryani

6	Jl. Wates Ambar Ketawang	0,23	0,35	0,12	52,17
7	Jl. Bantulan	0,23	0,34	0,11	47,83
Jumlah		1,58	2,30	0,71	43,47
Rata-rata		0,23	0,33	0,10	43,47

Berdasarkan tabel 1, diketahui bahwa kadar Pb dalam daun Puring (*Cadiacum variagatum*) dengan ketinggian 0,5 meter sebelum dipaparkan rata-rata sebesar 0,23 mg/Kg. Setelah dipaparkan selama 3 hari kadar Pb dalam daun Puring menjadi 0,33 mg/Kg. Kenaikan kadar Pb sebesar 0,10 mg/Kg (43,47%).

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Kadar Pb pada Daun Puring (*Cadiacum variagatum*) Sebelum dan Setelah Dipaparkan dengan Ketinggian 1 meter

No	Lokasi/Titik	Sebelum (mg/Kg)	Setelah (mg/Kg)	Selisih (mg/Kg)	Persentase (%)
1	Jl. Godean KM 4,5	0,22	0,24	0,02	9,09
2	Jl. Wates (pelem gurih)	0,23	0,26	0,03	13,04
3	Jl. Godean (Demak Ijo)	0,23	0,32	0,09	39,13
4	Jl. Kabupaten (Jambon)	0,22	0,36	0,14	63,63
5	Jl. Magelang (Denggung)	0,23	0,33	0,10	43,47
6	Jl. Wates Ambar Ketawang	0,23	0,34	0,11	47,83
7	Jl. Bantulan	0,23	0,34	0,11	47,83
Jumlah		1,59	2,19	0,60	39,13
Rata-rata		0,23	0,31	0,09	39,13

Berdasarkan tabel 2, diketahui bahwa kadar Pb dalam daun Puring (*Cadiacum variagatum*) dengan ketinggian 1 meter sebelum dipaparkan rata-rata sebesar 0,23 mg/Kg. Setelah dipaparkan selama 3 hari kadar Pb dalam daun Puring menjadi 0,31 mg/Kg. Kenaikan kadar Pb sebesar 0,09 mg/Kg (39,13%).

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Kadar Pb pada Daun Puring (*Cadieaum variegatum*) Sebelum dan Setelah Dipaparkan dengan Ketinggian 1,5 meter

No	Lokasi/Titik	Sebelum (mg/kg)	Setelah (mg/kg)	Selisih (mg/kg)	Persentase (%)
1	Jl. Godean KM 4,5	0,21	0,22	0,01	4,76
2	Jl. Wates (pelem gurih)	0,23	0,25	0,02	8,70
3	Jl. Godean (Demak Ijo)	0,23	0,33	0,10	43,47
4	Jl. Kabupaten (Jambon)	0,27	0,35	0,08	29,62
5	Jl. Magelang (Denggung)	0,23	0,33	0,10	43,48
6	Jl. Wates Ambar Ketawang	0,23	0,34	0,11	47,83
7	Jl. Bantulan	0,23	0,33	0,10	43,47
Jumlah		1,63	2,15	0,52	34,78
Rata-rata		0,23	0,31	0,08	34,78

Berdasarkan tabel 3, diketahui bahwa kadar Pb dalam daun Puring (*Cadiacum variagatum*) dengan ketinggian 1,5 meter sebelum dipaparkan rata-rata sebesar 0,23 mg/Kg. Setelah dipaparkan selama 3 hari kadar Pb dalam daun Puring menjadi 0,31 mg/Kg. Kenaikan kadar Pb sebesar 0,08 mg/Kg (34,78%).

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Kadar Pb pada Daun Puring (*Cadiacum variegatum*) Sebelum dan Setelah Dipaparkan dengan Ketinggian 2 meter

No	Lokasi/Titik	Sebelum (mg/kg)	Setelah (mg/kg)	Selisih (mg/kg)	Persentase (%)
1	Jl. Godean KM 4,5	0,22	0,23	0,01	7,106
2	Jl. Wates (Pelem gurih)	0,23	0,24	0,01	8,374
3	Jl. Godean (Demak Ijo)	0,22	0,33	0,11	40,874
4	Jl. Ring road utara	0,22	0,33	0,11	47,940
5	Jl. Magelang (Denggung)	0,24	0,33	0,09	36,810
6	Jl. Wates Ambar Ketawang	0,23	0,33	0,10	46,367
7	Jl. Bantulan	0,23	0,32	0,09	40,515
Jumlah		1,59	2,11	0,52	30,43
Rata-rata		0,23	0,30	0,07	30,43

Berdasarkan tabel 4, diketahui bahwa kadar Pb dalam daun Puring (*Cadiacum variegatum*) dengan ketinggian 2 meter sebelum dipaparkan rata-rata sebesar 0,23 mg/Kg. Setelah dipaparkan selama 3 hari kadar Pb dalam daun Puring menjadi 0,30 mg/Kg. Kenaikan kadar Pb sebesar 0,07 mg/Kg (30,43%).

Pembahasan

Timbal (Pb) di udara berasal dari pembakaran bahan bakar kendaraan yang mengandung aditif timbal, seperti *tetraethyl lead* (TEL). Saat bahan bakar terbakar, timbal dilepaskan sebagai partikel halus yang kemudian terdispersi ke atmosfer dan dapat terhirup atau diserap oleh tanaman di sekitarnya (Kristensen, 2015). Tanaman Puring (*Cadiacum variegatum*) yang berada di pinggir jalan akan terpapar secara langsung oleh timbal. Timbal akan menempel pada daun Puring dan dapat terserap ke dalam daun melalui stomata atau kutikula. Kemudian akumulasi timbal di dalam tanaman dapat tersebar ke berbagai bagian tanaman (Amalia et al., 2015).

Hasil penelitian menunjukkan peningkatan kadar timbal di dalam daun Puring. Hasil uji statistik sebelum dan setelah dipaparkan pada setiap ketinggian tanaman dinyatakan bermakna dengan nilai $p < 0,05$. Berdasarkan hasil ini maka akumulasi timbal di dalam tanaman Puring dapat terjadi secara signifikan meskipun baru dipaparkan selama 3 hari. Meskipun tanaman Puring terpapar timbal, tidak terjadi masalah dalam pertumbuhannya. Hal ini dapat diketahui dari tunas baru yang muncul dan perkembangan daun yang normal. Rata-rata peningkatan kadar timbal dalam daun Puring tertinggi pada ketinggian 0,5 meter. Namun demikian, hasil uji peningkatan kadar Pb antar ketinggian daun Puring tidak signifikan, yang berarti bahwa distribusi penyerapan timbal dapat merata di setiap ketinggian daun Puring.

Kondisi tersebut dapat dijadikan indikator bahwa tanaman Puring baik untuk digunakan sebagai media bioremediasi. Hal ini juga didukung dengan ciri-ciri khusus dan keunggulan yang dimiliki tanaman Puring. Keunggulan tanaman Puring diantaranya adalah memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan, termasuk tanah yang terkontaminasi logam berat. Sistem akarnya yang luas dan efektif memungkinkan tanaman ini menyerap logam berat dari tanah secara efisien. Puring juga memiliki kemampuan alami untuk menyerap dan mengakumulasi timbal di jaringan tanamannya, terutama di daun, sehingga membantu mengurangi kadar timbal di lingkungan sekitarnya. Daun Puring yang tebal dan berwarna-warni juga mampu menahan partikel polutan dari udara, termasuk timbal, sehingga berfungsi sebagai filter biologis yang efektif. Selain itu, tanaman ini mudah ditanam dan dirawat, serta memiliki nilai estetika tinggi sehingga sangat ideal untuk digunakan di area perkotaan dan taman sebagai tanaman bioremediasi. Bahkan tanaman

Puring juga memiliki beberapa senyawa yang dapat dimanfaatkan sebagai pengobatan (Pandey & Singh, 2023).

Stomata daun Puring berkisar antara 10-100 mikrometer persegi akan mendukung proses terserapnya partikel timbal (Pb). Ukuran partikel timbal di udara yang dihasilkan oleh pembakaran kendaraan bermotor umumnya berada dalam rentang partikel halus (*fine particles*) dan partikel ultrahalus (*ultrafine particles*) (Suhaenah et al., 2020; Sulistiana & Setijorini, 2016). Partikel halus memiliki diameter kurang dari 2,5 mikrometer (PM_{2.5}), sedangkan partikel ultrahalus memiliki diameter kurang dari 0,1 mikrometer (PM_{0.1}). Sebagian besar partikel timbal yang berasal dari pembakaran kendaraan bermotor berada dalam kisaran partikel halus, yaitu di bawah 2,5 mikrometer, sehingga mudah terdispersi di udara dan mudah terserap oleh tanaman melalui stomata bahkan sangat mudah terhirup oleh manusia (Artana & Rai, 2018; Maksum & Tarigan, 2022).

Penyerapan timbal oleh tanaman Puring dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti angin, air hujan, suhu, dan kelembaban. Angin dapat mempengaruhi distribusi partikel timbal di udara, di mana angin yang kuat dapat membawa partikel timbal lebih jauh dari sumber pencemaran, sehingga meningkatkan atau mengurangi jumlah partikel yang menempel pada permukaan daun Puring. Air hujan juga memiliki peran yang signifikan, yaitu hujan dapat membersihkan partikel timbal dari permukaan daun sehingga mengurangi jumlah timbal yang akan diserap oleh tanaman. Di sisi lain, air hujan juga dapat melarutkan timbal dan mengalirkannya ke dalam tanah sehingga dapat diserap oleh akar tanaman. Suhu dan kelembaban mempengaruhi proses fisiologis tanaman, yaitu pada proses pembukaan dan penutupan stomata sebagai pintu dalam penyerapan timbal dari udara. Kualitas dan kandungan mineral dalam tanah mempengaruhi kemampuan tanaman untuk menyerap timbal, di mana tanah yang kaya bahan organik dapat meningkatkan kapasitas penyerapan logam berat oleh tanaman tersebut (Amalia et al., 2015; Meidina et al., 2019; Sulistiana & Setijorini, 2016).

Berdasarkan hasil kemampuan tanaman Puring dalam menyerap timbal dan keunggulan lainnya, maka tanaman Puring ini akan sangat baik jika dimanfaatkan menjadi tanaman hias di sepanjang jalan raya atau area-area yang terindikasi tercemar oleh logam berat terutama partikel timbal. Keindahan daun Puring yang berwarna warni dengan berbagai bentuk dan ukuran, serta dapat dibentuk sedemikian rupa akan meningkatkan keindahan untuk dinikmati secara visual. Selain itu kemampuan adaptasi yang baik dan tahan terhadap cuaca serta lingkungan yang kurang mendukung merupakan keunggulan tanaman Puring dibandingkan dengan tanaman lainnya. Konsep pertamanan perkotaan atau jalan-jalan raya sebaiknya memperhatikan tanaman-tanaman dengan kemampuan khusus seperti ini sehingga dapat memberikan manfaat yang banyak (Damanik, 2014; Suhaenah et al., 2020).

KESIMPULAN

Tanaman Puring (*Codiaeum variegatum*) terbukti efektif sebagai media bioremediasi untuk menyerap timbal (Pb) yang berada di pinggir jalan raya dengan lalu lintas padat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Puring mampu menyerap timbal secara signifikan dalam waktu 3 hari tanpa mengganggu pertumbuhannya. Tanaman Puring memiliki keunggulan seperti kemampuan adaptasi yang baik, perakaran yang baik, dan daun yang berfungsi sebagai filter biologis, menjadikannya ideal untuk digunakan di area perkotaan. Nilai estetika yang tinggi membuat puring cocok sebagai tanaman hias yang tidak hanya memperindah lingkungan tetapi juga berperan dalam mengurangi polusi timbal.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, R. Z. (2023). Analisis Tingkat Pencemaran Udara Kendaraan Bermotor di Area Parkir Selatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 8(1), 25–33.

<https://doi.org/10.33084/mitl.v8i1.4680>

- Amalia, N., Ramadani, K., & Syamsidar. (2015). Biosorpsi Tanaman Puring (*Codiaeum Variegatum*) Terhadap Emisi Timbal (Pb) Pada Kendaraan Bermotor. *Jurnal Al-Kimia*, 1(1), 69–79.
- Artana, I. G. N. B., & Rai, I. B. N. (2018). Polusi udara terkait lalu lintas dan kesehatan respirasi. *Intisari Sains Medis*, 9(3), 101–105. <https://doi.org/10.15562/ism.v9i3.303>
- Damanik, F. (2014). Kajian Komposisi Jalur Hijau Jalan di Kota Yogyakarta Terhadap Penjerapan Polutan Timbal (Pb). *Planta Tropika: Journal of Agro Science*, 2(2), 81–89. <https://doi.org/10.18196/pt.2014.027.81-89>
- Darlis, V. V., Putriani, C. N., Yoza, D., & Pebriandi, P. (2023). Potensi dan Pertumbuhan Beberapa Jenis Tanaman dalam Penyerapan Logam Berat Timbal (Pb) pada Media Tanah Bekas Tambang Timah Desa Siabu Kecamatan Salo Kabupaten Kampar. *Journal of Tropical Silviculture*, 14(03), 191–194. <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.14.03.191-194>
- Haryanti, D., Budianta, D., & Salni, S. (2013). Potensi beberapa jenis tanaman hias sebagai fitoremediasi Logam timbal (Pb) dalam tanah. *Jurnal Penelitian Sains*, 16(2), 53–58. <http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/article/view/72>
- Hidayat, M. Y., Fauzi, R., & Hindratmo, B. (2019). Lead (Pb) concentration on leaves of some tree species around Kadu Manis industrial region, Tangerang. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 8(1), 19. <https://doi.org/10.18330/jwallacea.2019.vol8iss1pp19-25>
- Hindratmo, B., Junaidi, E., Masitoh, S., & Fauzi, Ridwan Fauzi, Hidayat Muhamad Yusup, R. (2019). Kemampuan 11 (Sebelas) Jenis Tanaman dalam Menyerap Logam Berat Timbel (Pb) Capabilities 11 (Eleven) Species to Reduce Lead (Pb) Pollution. *Ecolab*, 11, 29–38.
- Kristensen, L. J. (2015). Quantification of atmospheric lead emissions from 70 years of leaded petrol consumption in Australia. *Atmospheric Environment*, 111, 195–201. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.04.012>
- Levanta, D. S., & Hananingtyas, I. (2023). Paparan timbal dalam urin remaja pada kejadian gangguan sistem saraf dan keseimbangan di kecamatan Curug. *Public Health Risk Assessment Journal*, 1(1). <https://doi.org/10.61511/phraj.v1i1.2023.221>
- Maksum, T. S., & Tarigan, S. F. N. (2022). Analisis Risiko Kesehatan Akibat Paparan Partikel Debu (Pm2.5) Dari Aktivitas Transportasi. *Jambura Health and Sport Journal*, 4(1), 19–28. <https://doi.org/10.37311/jhsj.v4i1.13447>
- Meidina, R. H., Rosyidah, A., & Murwani, I. (2019). Potensi Beberapa Kultivar Puring (*Codiaeum variegatum* L.) sebagai Fitoremediasi pada Tanah Tercemar Logam Berat Pb (Timbal). *Agronisma*, 7(1), 50–60. <https://jim.unisma.ac.id/index.php/AGRNM/article/view/2078>
- Mirawati, B., -, M., & Sedijani, P. (2016). Efektifitas Beberapa Tanaman Hias Dalam Menyerap Timbal (Pb) Di Udara. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 2(1). <https://doi.org/10.29303/jppipa.v2i1.32>
- Nindyapuspa, A. (2018). Kajian Tentang Pengelolaan Limbah Elektronik Di Negara Maju Dan Negara Berkembang. *INFOMATEK*, 20(1), 41. <https://doi.org/10.23969/infomatek.v20i1.880>
- Pandey, S., & Singh, S. (2023). Exploring phytoconstituents and pharmacological profile of *Codiaeum variegatum* (L.), Garden croton. *Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine*, 9, 100327. <https://doi.org/10.1016/j.prmcm.2023.100327>
- Rinawati, D., Barlian, B., & Tsamara, G. (2020). Identifikasi Kadar Timbal (Pb) Dalam Darah Pada Petugas Operator Spbu 34-42115 Kota Serang. *Jurnal Medikes (Media Informasi Kesehatan)*, 7(1), 1–8.

<https://doi.org/10.36743/medikes.v7i1.195>

- Santosa, B. (2022). Sel Retikulosit Pada Paparan Timbal Pekerja Bengkel Cat Mobil Di Kampung Ligu Semarang. *E-Jurnal Medika Udayana*, 11(9), 30. <https://doi.org/10.24843/MU.2022.V11.i9.P06>
- Suhaenah, A., Maryam, S., & Gusmiati, G. (2020). Potensi Daun Puring (*Codiaeum Variegatum*) Dalam Menyerap Logam Timbal (Pb) Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Jurnal Ilmiah As-Syifaa*, 12(1), 42–48. <https://doi.org/10.33096/jifa.v12i1.613>
- Sulistiana, S., & Setijorini, L. E. (2016). Akumulasi timbal (Pb) dan struktur stomata daun puring (*Codiaeum variegatum* Lam. Blume). *Jurnal Agrosains Dan Teknologi*, 1(2), 9–22.
- Triastuti, Herawati, J., Rois, I., Badaria, Carong, S. R., Iswahyudi, Simarmata, M. M., Destiarti, L., Junairiah, Syahrir, M., & Nirtha, I. (2023). Ekologi dan Pencemaran Lingkungan. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (1st ed., Vol. 1, Issue April). Yayasan Kita Menulis.