

## Growth of Maize (*Zea mays* L.) Under Cadmium Sulfate (CdSO<sub>4</sub>) Heavy Metal Stress

Mukarlina\*, Irwan Lovadi, Widdiya Ariyani

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia;

### Article History

Received: May 01<sup>th</sup>, 2026

Revised : March 17<sup>th</sup>, 2026

Accepted : March 28<sup>th</sup>, 2026

\*Corresponding Author:

**Mukarlina**, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia;

Email:

[mukarlina@fmipa.untan.ac.id](mailto:mukarlina@fmipa.untan.ac.id)

**Abstract:** Cadmium (Cd) is a heavy metal soil pollutant that can be toxic to plants. This study investigated the response of maize (*Zea mays* L.) grown in peat soil exposed to different levels of Cd stress. Four concentrations of CdSO<sub>4</sub> (0, 20, 40, and 60 ppm) were applied using a completely randomized design with three replications. Growth performance was evaluated through plant height, leaf production, and fresh biomass, while Cd accumulation in plant tissues was determined using *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). The results showed that the application of heavy metal cadmium sulfate (CdSO<sub>4</sub>) in the planting media up to 60 ppm did not affect the plant height, number of leaves and wet weight of maize. Maize showed tolerance to cadmium stress, as the application of CdSO<sub>4</sub> up to 60 ppm. Cadmium was detected in both roots and shoots, with greater accumulation occurring in the roots. This pattern suggests that maize restricted Cd movement to aerial tissues, which may contribute to its tolerance under Cd exposure. The findings indicate that maize can maintain normal vegetative growth under moderate Cd stress in peat soil. Further research is needed to assess long-term effects and cadmium accumulation in plant tissues.

**Keywords:** Cadmium; Growth; Maize; Stress.

### Pendahuluan

Kadmium (Cd) merupakan salah satu logam berat yang banyak ditemukan di lingkungan dan dikenal sebagai polutan berbahaya bagi ekosistem tanah. Logam ini umumnya berada dalam bentuk senyawa dengan unsur lain seperti oksigen (CdO) atau sulfur (CdSO<sub>4</sub>). Peningkatan konsentrasi kadmium dalam tanah menjadi perhatian global karena logam ini bersifat toksik dan dapat terakumulasi dalam rantai makanan melalui tanaman yang dikonsumsi manusia (Saleksi *et al.*, 2025).

Kadmium yang berada di dalam tanah dapat diserap oleh tanaman melalui sistem perakaran, terutama melalui transporter ion logam yang umumnya juga berperan dalam penyerapan unsur hara esensial seperti Zn<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, dan Ca<sup>2+</sup>. Karena kesamaan sifat kimia dengan unsur tersebut, Cd dapat masuk ke dalam jaringan tanaman melalui mekanisme kompetisi

pada membran sel akar. Setelah diserap, Cd dapat ditranslokasikan melalui xilem menuju bagian tanaman lainnya seperti batang dan daun (Mubeen *et al.*, 2023). Akumulasi Cd dalam jaringan tanaman dapat memicu berbagai gangguan fisiologis, antara lain peningkatan produksi spesies oksigen reaktif (ROS), kerusakan membran sel, penurunan aktivitas enzim metabolisme, serta gangguan pada proses fotosintesis

Kadmium juga diketahui dapat menghambat sintesis klorofil, mengganggu aktivitas enzim, serta menurunkan pertumbuhan dan biomassa tanaman (Hasan *et al.*, 2020). Paparan logam berat dalam konsentrasi tertentu dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan tanaman akibat terganggunya proses metabolisme seluler. Cd dapat berikatan dengan protein dan asam nukleat sehingga menghambat berbagai proses biokimia dalam sel tanaman (Zaeni *et al.*, 2021). Gangguan tersebut dapat

berdampak pada penurunan tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, serta berat biomassa. Namun demikian, respon tanaman terhadap cekaman Cd dapat berbeda-beda tergantung pada spesies tanaman, konsentrasi logam berat, serta kondisi media tanam

Jagung (*Zea mays* L.) salah satu tanaman pangan penting yang diketahui memiliki tingkat toleransi tertentu terhadap cekaman lingkungan, termasuk paparan logam berat. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tanaman jagung masih mampu tumbuh pada kondisi tanah yang mengandung logam berat pada konsentrasi tertentu. Penelitian Atif dan Perveen (2021) menunjukkan bahwa pertumbuhan jagung masih relatif stabil pada cekaman logam hingga konsentrasi tertentu, meskipun pada konsentrasi yang lebih tinggi terjadi penurunan pertumbuhan. Hal ini menunjukkan bahwa jagung memiliki potensi adaptasi terhadap kondisi tanah yang terkontaminasi logam berat.

Di Kalimantan Barat, khususnya di Kecamatan Pontianak Utara, lahan pertanian gambut dilaporkan telah mengalami pencemaran kadmium dengan konsentrasi tertentu. Penelitian sebelumnya telah dilakukan pada tanaman hortikultura seperti sawi untuk mengkaji respon pertumbuhan tanaman terhadap cemaran Cd di wilayah tersebut (Susana & Suswati, 2011). Namun demikian, penelitian mengenai respon pertumbuhan tanaman jagung yang dibudidayakan pada media tanam yang mengalami cekaman kadmium, khususnya pada kondisi lahan gambut di Kalimantan Barat, masih sangat terbatas. Padahal, jagung adalah produk pertanian yang banyak ditanam dan dapat tumbuh subur di berbagai lingkungan.

Berdasarkan hal tersebut, masih terdapat kesenjangan penelitian terkait respon pertumbuhan tanaman jagung terhadap cekaman kadmium pada media tanam yang terkontaminasi logam berat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh cekaman kadmium terhadap pertumbuhan tanaman jagung yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat segar tanaman.

## Bahan dan Metode

### Alat dan Bahan

Alat penelitian ini yaitu kertas label, oven, gunting, penggaris, polibag, *potray*, sekop,

timbangan analitik. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air, benih jagung (*Z. mays*), CdSO<sub>4</sub>, kapur dolomit, pupuk kandang, sekop tanah, soil tester, tanah gambut (pH 6,5).

### Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari empat taraf konsentrasi kadmium (Cd) yaitu T1 : tanpa Cd (0 ppm); T2 Cd 20 ppm ; T3 Cd 40 ppm ; T4 Cd 60 ppm. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 12 unit percobaan.

### Prosedur Penelitian

#### *Persiapan Media Tanam*

Media tanam yang digunakan adalah tanah gambut yang tidak diolah. Gambut dibiarkan mengering di udara, kemudian dihancurkan dan diayak. Tingkat pH gambut kemudian diperiksa, dan kapur dolomit ditambahkan berdasarkan perhitungan untuk mencapai pH 6,5. Tanah yang diberi perlakuan dolomit diinkubasi selama dua minggu. Setelah periode ini, tanah dimasukkan ke dalam kantong polietilen 1,5 kg.

Larutan logam berat kadmium diaplikasikan dengan menuangkan 100 ml larutan kadmium ke media tanam pada konsentrasi yang ditentukan untuk perlakuan. Tanah dibiarkan berinkubasi selama 24 jam, kemudian dicampur secara menyeluruh dan dibiarkan mengendap selama dua minggu tambahan, sehingga menghasilkan tanah yang terkontaminasi kadmium. Setelah itu, tanah dicampur secara merata dengan pupuk kandang dengan rasio 1:1 dan disisihkan selama dua hari sebelum penanaman (Irsyad *et al.*, 2014).

#### *Persiapan dan Penyemaian Biji Jagung (*Zea mays* L.)*

Benih jagung perlu direndam dalam air semalaman atau sekitar 6 jam. Hanya benih yang tenggelam ke dasar yang harus dipilih. Benih jagung ditanam di pasir halus, kemudian tanah dibasahi hingga benar-benar basah (Latuharhary, 2018).

#### *Pemindahan dan Penanaman Bibit Jagung (*Zea mays* L.)*

Tanam bibit jagung berumur 10 hari di tanah persemaian dan memiliki 4 daun;

kemudian pindahkan dan letakkan di tanah yang telah diberi perlakuan dengan logam berat kadmium. Setiap polybag berisi satu bibit jagung. Bibit jagung diberi air secukupnya.

#### *Pemeliharaan Tanaman*

Merawat tanaman meliputi pemberian air dan pemberantasan gulma. Proses penyiraman dilakukan setiap pagi untuk menjaga kelembapan tanah. Gulma yang muncul di media tanam akan dibuang. Perawatan tanaman dilakukan 45 hari setelah penanaman.

#### *Parameter Faktor Lingkungan*

Sebelum penambahan dolomit ke substrat pertumbuhan, dilakukan penilaian terhadap kadar unsur hara tanah, meliputi kadar nitrogen, fosfor, kalium, rasio karbon terhadap nitrogen, dan konsentrasi logam berat kadmium. Parameter lingkungan yang dievaluasi terdiri dari suhu udara dalam derajat Celsius, persentase kelembapan, dan keasaman tanah.

#### *Parameter Pertumbuhan*

Parameter pertumbuhan yang diamati dilakukan saat diakhir pengamatan yang terdiri atas tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai), dan berat basah (gram). Pengukuran tinggi tanaman yang diukur dari pangkal batang sampai ujung daun terpanjang. Penghitungan jumlah daun adalah daun yang membuka sempurna. Tanaman saat baru di panen dengan dari sisa tanah yang menempel setelah itu ditimbang.

#### *Pengukuran Kandungan Kadmium dalam Tajuk dan Akar*

Tanaman jagung yang telah dipanen dibersihkan akarnya dari tanah yang menempel. Setelah itu, tanaman ditimbang menggunakan timbangan digital dan dipisahkan menjadi akar dan pucuk. Pucuk dipotong menjadi segmen-segmen kecil, dan selanjutnya, semua sampel, termasuk akar dan pucuk, disimpan dalam kantong plastik berlabel sesuai perlakuan dan dibawa ke laboratorium untuk pengujian lebih lanjut.

Analisis kandungan kadmium dilakukan

dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Larutan standar dibuat dalam beberapa langkah, dimulai dengan larutan stok 1000 ppm, diikuti oleh 100 ppm dan kemudian 10 ppm menggunakan pelarut HNO<sub>3</sub> 1 M, yang kemudian diencerkan dengan air suling untuk mencapai volume tertentu. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 228,8 nm, dan kurva kalibrasi dibuat berdasarkan pembacaan absorbansi dari setiap konsentrasi standar. Satu gram sampel tanaman, yang meliputi akar dan pucuk, diabu, setelah itu 100 mg abu diekstraksi dan dilarutkan dalam 8 mL HNO<sub>3</sub>. Larutan dipanaskan hingga larut sepenuhnya, kemudian disaring melalui kertas saring Whatman dan diencerkan hingga volume akhir 10 mL. Larutan sampel yang dihasilkan diperiksa menggunakan AAS pada panjang gelombang 228,8 nm untuk menilai kadar kadmium dalam jaringan tanaman (Najihah dan Rachmadiarti, 2023).

#### **Analisis Data**

Data rata-rata tinggi, jumlah daun, dan berat basah tanaman yang diperoleh diuji dengan menggunakan *Analysis of Varians* (ANOVA) bila ada pengaruh nyata akan dilanjutkan dengan Uji Duncan dengan taraf kepercayaan 95% (Hanafiah, 2004).

#### **Hasil dan pembahasan**

##### **Hasil penelitian Tinggi, Jumlah Daun, dan Berat Basah Tanaman Jagung (*Zea mays*)**

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa aplikasi logam berat kadmium sulfat tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap tinggi tanaman jagung ( $F_{3,20}=0,729$ ,  $p= 0,405$ ), jumlah daun tanaman jagung ( $F_{3,20}=5,521$ ,  $p= 0,633$ ) dan berat basah tanaman jagung ( $F_{3,20}=1,531$ ,  $p= 0,232$ ) (Tabel 1). Pemberian kadmium (Cd) dengan berbagai konsentrasi menunjukkan adanya kecenderungan penurunan pada seluruh parameter pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays*), yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat basah.

**Tabel 1.** Tinggi, Jumlah Daun, dan Berat Basah Tanaman Jagung (*Zea mays*) dengan Pemberian Kadmium Sulfat (CdSO<sub>4</sub>) pada Media Tanam

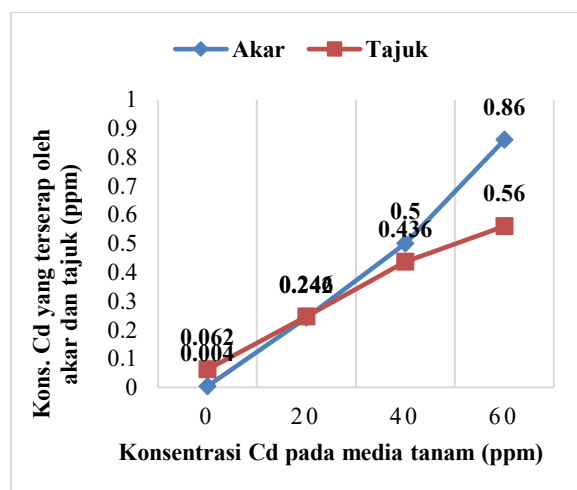
Konsentrasi Kadmium (Cd) (ppm)	Parameter		
	Tinggi (cm)	Jumlah Daun	Berat basah (gr)
0	204,2 <sup>a</sup> ± 32,24	10,6 <sup>a</sup> ± 0,55	291,6 <sup>a</sup> ± 91,32
20	194 <sup>a</sup> ± 22,88	9,6 <sup>a</sup> ± 1,14	268,6 <sup>a</sup> ± 104,17
40	192,6 <sup>a</sup> ± 16,23	9,2 <sup>a</sup> ± 1,48	247,2 <sup>a</sup> ± 75,16
60	192 <sup>a</sup> ± 19,24	9 <sup>a</sup> ± 1,22	232,8 <sup>a</sup> ± 62,40

Keterangan: angka-angka yang diikuti huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata, dan huruf kecil yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan taraf uji kepercayaan 95%

Parameter tinggi tanaman, terlihat bahwa tanaman tanpa perlakuan kadmium (0 ppm) memiliki rata-rata tinggi tertinggi yaitu 204,2cm. Seiring dengan meningkatnya konsentrasi kadmium hingga 60 ppm, tinggi tanaman cenderung mengalami penurunan menjadi 192cm. Tanaman pada perlakuan 0 ppm memiliki rata-rata jumlah daun sebanyak 10,6 helai, kemudian menurun secara bertahap pada konsentrasi 20ppm, 40ppm, hingga 60 ppm menjadi 9 helai. Pemberian Cd menghasilkan penurunan nilai berat basah yang cukup jelas dari 291,6gram pada kontrol (0 ppm) menjadi 232,8gram pada perlakuan 60ppm.

### Konsentrasi Kadmium Sulfat (CdSO<sub>4</sub>) pada Akar dan Tajuk Tanaman Jagung

Hasil pemeriksaan jumlah kadmium sulfat yang diserap oleh akar bervariasi antara 0,004 dan 0,86 ppm, yang lebih besar daripada yang ditemukan di tajuk pohon, di mana kadarnya berkisar antara 0,062 ppm hingga 0,56 ppm (Gambar 1).



**Gambar 1.** Konsentrasi kadmium sulfat (CdSO<sub>4</sub>) yang terserap pada akar tajuk tanaman jagung

### Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi kadar logam berat kadmium sulfat dalam tanah gambut sebagai media tanam tidak memberikan dampak besar pada pertumbuhan, jumlah daun, dan berat tanaman jagung (Tabel 1). Situasi ini menyiratkan bahwa jagung dapat tumbuh subur di media tanam yang mengandung logam berat kadmium sulfat. Meskipun demikian, secara deskriptif, terdapat tren yang terlihat di mana hasil rata-rata menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi Cd. Tinggi tanaman turun dari 204,2 cm pada kelompok kontrol menjadi 192 cm pada kadar 60 ppm, sedangkan jumlah daun menurun dari 10,6 menjadi 9, dan berat segar turun dari 291,6 g menjadi 232,8 g. Tren ini menunjukkan bahwa meskipun perubahan tersebut belum signifikan secara statistik, kadar Cd yang lebih tinggi mulai memberikan tekanan fisiologis pada tanaman.

Penurunan secara bertahap ini dapat dikaitkan dengan efek toksik Cd yang bersifat akumulatif. Cd diketahui dapat mengganggu proses fisiologis tanaman, seperti penyerapan unsur hara, aktivitas enzim, dan fotosintesis. Pada tahap awal atau konsentrasi rendah, tanaman masih mampu melakukan kompensasi melalui mekanisme adaptasi, seperti peningkatan sistem antioksidan dan detoksifikasi logam berat, sehingga pertumbuhan belum terganggu secara nyata (Hasan *et al.*, 2020).

Pengaruh Cd terhadap pertumbuhan tanaman tidak selalu signifikan pada konsentrasi rendah hingga sedang, karena tanaman masih mampu mempertahankan aktivitas metabolisme normal melalui mekanisme toleransi. Berdasarkan data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa tanaman jagung toleran terhadap cekaman Cd hingga konsentrasi 60 ppm, meskipun terdapat indikasi penurunan pertumbuhan secara

bertahap. Kondisi ini menunjukkan bahwa dampak Cd terhadap pertumbuhan vegetatif belum menunjukkan efek yang nyata dan berpotensi menjadi signifikan pada konsentrasi yang lebih tinggi atau durasi paparan yang lebih lama.

Elik dan Gül (2025) menyatakan tanaman jagung masih mampu mempertahankan pertumbuhan normal pada kondisi cekaman Cd tertentu karena adanya mekanisme toleransi fisiologis. Meskipun Cd diberikan pada media tanam, pertumbuhan dan biomassa tanaman jagung masih dapat dipertahankan, terutama ketika tanaman memiliki dukungan mekanisme adaptasi seperti peningkatan efisiensi penyerapan hara dan aktivitas fotosintesis. Temuan investigasi ini berbeda dengan temuan yang disajikan oleh Oliveira *et al.*, (2016) dan Ghani (2010). Penelitian oleh Oliveira *et al.* (2016) menunjukkan bahwa pemberian kadar kadmium (Cd) sebesar 16 ppm dan 32 ppm pada tanah Entisol menghambat perkecambah biji jagung. Demikian pula, penelitian Ghani (2010) mengungkapkan bahwa jagung yang ditanam di tanah berpasir dengan konsentrasi Cd sebesar 13,4 ppm dan 26,6 ppm menunjukkan penurunan berat kering pucuk dan akar, serta berat basah biji yang lebih rendah, bersamaan dengan peningkatan kadar kadmium di dalam biji. Fenomena ini diyakini disebabkan oleh variasi bahan organik dan pH di tanah gambut, tanah Entisol, dan tanah berpasir, yang memengaruhi bagaimana tanaman menyerap logam berat kadmium.

Menurut penelitian sebelumnya, konsentrasi kadmium lebih tinggi di akar daripada di pucuk (Gambar 1). Temuan ini menyiratkan bahwa kemampuan jagung untuk tumbuh di tanah yang terkontaminasi kadmium dapat dikaitkan dengan strategi perlindungan yang menyimpan logam berat terutama di akar. Lestari & Pratama (2020) mencatat bahwa ciri utama tanaman yang mampu menahan stres logam berat adalah kecenderungannya untuk mengakumulasi kadar logam berat yang lebih tinggi di akar daripada di bagian lain. Penelitian oleh Suhaeni & Wardi (2016) melaporkan bahwa akar bayam darat (*Ipomoea repans* Poir) mengandung konsentrasi kadmium yang lebih tinggi yaitu 0,8150 ppm, berbeda dengan hanya 0,4924 ppm yang terdapat di daun.

Hasil penelitian ini, akumulasi kadmium

sulfat di akar jagung tidak mengganggu pertumbuhan akar, seperti yang ditunjukkan oleh nilai berat segar yang serupa antara tanaman yang diberi perlakuan dan kelompok kontrol (Tabel 1). Temuan ini menunjukkan bahwa penumpukan logam berat di akar jagung tidak membahayakan sel-sel akar, yang memungkinkan penyerapan air terus berlanjut. Santana *et al.*, (2018) menyebutkan bahwa tanaman yang toleran terhadap logam berat mempunyai mekanisme untuk mengubah logam berat menjadi zat tidak beracun yang tidak menyebabkan kerusakan pada sel akar. Zat-zat ini dapat diangkut dari akar ke pucuk melalui pembuluh xilem.

## Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat basah tanaman jagung yang ditanam pada media tanah gambut secara statistik tidak dipengaruhi oleh adanya penambahan logam berat kadmium 20 ppm, 40 ppm dan 60 ppm.

## Referensi

- Atif, M., & Perveen, S. (2021). Comparison of alteration in growth, physiological and biochemical attributes of ten maize (*Zea mays* L.) varieties under arsenic stress: Susceptibility and tolerance. *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(6), 4913-4923. <https://doi.org/10.15244/pjoes/135694>
- Elik, U., & Gül, Z. (2025). Accumulation potential of lead and cadmium metals in maize (*Zea mays* L.) and effect physiological and morphological characteristics. *Life*, 15(2), 1–18. <https://doi.org/10.3390/life15020310>.
- Ghani, A. (2010). Toxic effects of heavy metals on plant growth and metal accumulation in maize (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Toxicology*, 3, 326–334.
- Hanafiah, K. A. (2004). *Rancangan percobaan: Teori dan aplikasi*. Raja Grafindo Persada.
- Hasan, M. J., Raza, M. A., Rehman, S. U., Ansar, M., Gitari, H., Khan, I., Wajid, M., Ghulam, A., Shah, A., Peng, Y., & Zhou, L. (2020). Effect of cadmium toxicity on

- growth, oxidative damage, antioxidant defense system and cadmium accumulation in two sorghum cultivars. *Plants*, 9(11), 1–14. <https://doi.org/10.3390/plants9111575>
- Irsyad, M., Sikanna, R., & Musafira. (2014). Translokasi merkuri (Hg) pada daun tanaman bayam duri (*Amaranthus spinosus* L.) dari tanah tercemar. *Natural Science*, 3(1), 8–17.
- Latuharhary, R. A., & Saputro, T. B. (2018). Respon morfologi tanaman jagung (*Zea mays*) varietas Bisma dan Srikandi Kuning pada kondisi cekaman salinitas tinggi. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373520.v6i2.25194>.
- Lestari, N., & Pratama, D. N. R. (2020). Potensi tanaman rami (*Boehmeria nivea*) untuk fitoremediasi tanah tercemar tembaga. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 7(2), 291–297. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2020.007.2.13>.
- Mubeen, S., Ni, W., He, C., & Yang, Z. (2023). Agricultural strategies to reduce cadmium accumulation in crops for food safety. *Agriculture*, 13(2), 1–31. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020471> : <https://doi.org/10.3390/agriculture13020471>
- Najihah, N., & Rachmadiarti, F. (2023). Analisis kadar logam berat kadmium (Cd) pada tumbuhan air di Sungai Brantas Mojokerto. *Jurnal Lentera Biologi*, 12(2), 239–247.
- Oliveira, V. H., Melo, L. C. A., Abreu, C. A., & Coscione, A. R. (2016). Influences of soil pH on cadmium toxicity to eight plant species. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, 11(1), 45–52. <https://doi.org/10.5132/eec.2016.01.07>.
- Santana, I. K. Y. T., Julyantoro, P. G. S., & Wijayanti, N. P. P. (2018). Akumulasi logam berat seng (Zn) pada akar dan daun lamun *Enhalus acoroides* di perairan Pantai Sanur, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 1(1), 47–56. <https://doi.org/10.24843/CTAS.2018.v01.i01.p07>.
- Saleksi, R., Yanova, S., & Irawan, B. (2025). The effectiveness of *Sansevieria trifasciata laurentii* in reducing lead and cadmium contamination in leachate-polluted soil. *Jurnal Tanah dan Sumber Daya Lahan*, 12(2):347-354. doi: 10.21776/ub.jtsl.2025.012.2.12
- Suhaeni, R., & Wardi, Y. (2016). Analisis kadar logam berat kadmium (Cd) pada tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir). *Jurnal Dinamika*, 7(2), 1–8.
- Susana, R., & Suswati, D. (2011). Ketersediaan Cd, gejala toksisitas dan pertumbuhan 3 spesies Brassicaceae pada media gambut yang dikontaminasi kadmium (Cd). *Jurnal Teknik Perkebunan dan Psd*, 1, 9–16. <https://doi.org/10.26418/plt.v1i2.409>
- Zaeni, A., Ambardini, S., Sartinah, A., Ramadhani, A. N., Sartini, Amin, A., Patiung, G. W., & Susilowati, P. E. (2021). Studi bioakumulasi logam crom (Cr), seng (Zn) dan nikel (Ni) pada tanaman obat binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis). *Akta Kimindo*, 6(1), 12–27. <https://doi.org/10.12962/j25493736.v6i1.7850>