

Perkecambahan dan Pertumbuhan Kecambah *Tagetes erecta* pada Cekaman Kadmium**Seed Germination and Growth of *Tagetes erecta* Sprouts under Cadmium Stress****Prasetyo Eko Ariyanto, Sri Kasmiyati*, Sucahyo**

Fakultas Biologi Universitas Kristen Satya Wacana

Jalan Diponegoro 52-60 Salatiga 50711

*Email ; kas@uksw.edu

Diterima 18 Juli 2024 / Disetujui 9 Mei 2025

ABSTRAK

Kadmium merupakan salah satu logam berat yang bersifat toksik dan dapat diserap oleh tumbuhan. *Tagetes erecta* merupakan tanaman hias yang memiliki kemampuan toleransi yang tinggi terhadap cekaman logam berat, sehingga tanaman ini dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efek dari cekaman logam berat pada proses perkecambahan dan pertumbuhan benih *T. erecta* pada media pupuk cair yang mengandung Cd. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan desain rancangan acak lengkap. Konsentrasi CdCl_2 yang digunakan sebagai perlakuan antara lain 0 (kontrol), 25, 50, 100, dan 200ppm. Biji *T. erecta* dikecambahkan di dalam cawan petri yang dialasi dengan kertas merang dan ditutup dengan plastik berwarna gelap. Perkecambahan dilakukan di laboratorium. Parameter jumlah biji yang berkecambah diamati setiap hari selama 14 hari digunakan sebagai penentuan persentase perkecambahan dan indeks vigor kecambah. Pertumbuhan kecambah diamati pada parameter panjang radikula dan panjang hipokotil pada akhir penelitian. Pemberian perlakuan kadmium mempengaruhi secara nyata perkecambahan dan pertumbuhan kecambah *T. erecta*. Kadmium pada konsentrasi 100-200 ppm menghambat secara nyata perkecambahan dan pertumbuhan kecambah *T. erecta*. Pertumbuhan radikula *T. erecta* pada perlakuan Cd sebesar 25ppm menunjukkan ukuran yang lebih panjang dibanding perlakuan kontrol. Hal ini dikarenakan penambahan kadmium pada konsentrasi rendah sebesar 25ppm masih mampu ditoleransi dan merangsang pertumbuhan kecambah *T. erecta*.

Kata kunci: perkecambahan, kadmium, Tagetes erecta, logam berat, toksisitas

ABSTRACT

Cadmium is one of the heavy metals that is toxic and can be absorbed by plants. *Tagetes erecta* is an ornamental plant that has a high tolerance to heavy metal stress, so this plant can be used as a phytoremediation agent. The purpose of this study was to determine the effects of heavy metal stress on the process of germination and growth of *T. erecta* seeds in liquid fertilizer media containing Cd. The research was conducted experimentally using a completely randomized design. The concentration of CdCl_2 used as treatment included 0 (control), 25, 50, 100, and 200ppm. *T. erecta* seeds were germinated in a petri dish covered with straw paper and covered with dark colored plastic. Germination was carried out in the laboratory. The number of germinated seeds observed daily for 14 days was used to determine the germination percentage and vigor index of the sprouts. Sprout growth was observed in the parameters of radicle length and hypocotyl length at the end of the study. Cadmium treatment significantly affected the germination and growth of *T. erecta* sprouts. Cadmium at concentrations of 100-200 ppm significantly inhibited the germination and growth of *T. erecta* sprouts. Radicle growth of *T. erecta* in the Cd treatment of 25 ppm showed a longer size than the control treatment. This is because the addition of cadmium at a low concentration of 25 ppm can still be tolerated and stimulate the growth of *T. erecta* sprouts.

Keywords: germination, cadmium, Tagetes erecta, heavy metals, toxicity

PENDAHULUAN

Salah satu polusi lingkungan yang terjadi di alam yang disebabkan oleh manusia adalah masalah pencemaran yang disebabkan oleh logam berat. Logam berat sendiri merupakan salah satu kelompok polutan yang tidak dapat didegradasi menjadi senyawa yang tidak berbahaya dengan mudah (Jadaa dan Mohammed, 2023). Logam berat dapat ditemukan berupa limbah cair (Agoro *et al.*, 2020) maupun di tanah pada lokasi pembuangan limbah (Rajindiran *et al.*, 2016) yang dihasilkan baik dari industri dan pertanian.

Logam kadmium (Cd) dapat dengan cepat menyebar di lingkungan dan terserap dengan mudah oleh tumbuhan dan menjadi sumber penyebaran kadmium ke manusia (Cheng *et al.*, 2006). Kadmium merupakan logam beracun yang mencemari tanah dan dapat menghambat pertumbuhan akar serta tunas, menurunkan hasil panen, serta mengganggu penyerapan dan keseimbangan nutrisi. Logam ini sering terakumulasi dalam tanaman pertanian yang bernilai ekonomi, kemudian masuk ke dalam rantai makanan, sehingga berisiko membahayakan kesehatan hewan dan manusia (Shah *et al.*, 2017). Pada manusia, paparan logam Cd yang terakumulasi dalam tubuh dapat menyebabkan disfungsi organ (Palar, 2012) khususnya pada hati dan ginjal yang digunakan oleh tubuh sebagai tempat untuk menampung logam Cd yang masuk (Bernhoft, 2013). Toksisitas kadmium terhadap pertumbuhan tanaman disebabkan oleh efek fitotoksiknya pada berbagai proses morfologis dan fisiologis, di antaranya meliputi pengguguran daun, klorosis, nekrosis, peningkatan stres oksidatif, mutagenesis, ketidakseimbangan nutrisi, penghambatan perkecambahan dan pertumbuhan, penurunan hasil panen, dan kematian (Zaid *et al.*, 2020; Ahmad *et al.*, 2017).

Dalam upaya untuk mengurangi pencemaran dari logam berat di lingkungan, dibutuhkan media organisme yang mampu menyerap logam berat tersebut dengan tingkat toleransi yang tinggi, salah satu dari tanaman tersebut adalah *T. erecta* (Shah *et al.*, 2017; Sahara, 2022). Liu *et al.* (2017) menyatakan bahwa tanaman hias yang berpotensi digunakan sebagai agen fitoremediasi harus

memiliki daya tahan tinggi serta mampu mentoleransi dan menyimpan logam berat dalam biomasnya. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *T. erecta* dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi pada logam berat seperti Pb^{2+} , Ni^{2+} (Bardiya-Bhurat *et al.*, 2017), Zn (Madanan *et al.*, 2021), dan Cr (Coelho *et al.*, 2017). Kurniati (2021) menuturkan selain kemampuan bertahan hidup yang tinggi, *T. erecta* termasuk tumbuhan yang mudah untuk dikembangbiakkan dengan kondisi iklim serta geografi yang dimiliki Indonesia sehingga dapat dijadikan sebagai kesempatan usaha. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek dari cekaman logam berat pada proses perkecambahan dan pertumbuhan benih *T. erecta* pada media yang mengandung Cd.

METODE PENELITIAN

Persiapan Benih *T. erecta*

Biji *T. erecta* diperoleh dari lokasi pembibitan tanaman hias di kawasan Kopeng, Kabupaten Semarang. Biji dipilih yang utuh dan bernaas (berkembang penuh) untuk digunakan dalam uji perkecambahan. Biji *T. erecta* direndam dengan larutan akuades dalam jangka waktu satu malam untuk membantu proses imbibisi.

Persiapan Larutan Logam Berat Cd

Logam Cd yang digunakan sebagai perlakuan pada penelitian ini dalam bentuk senyawa $CdCl_2$ (Merck). Pembuatan larutan untuk perlakuan Cd dilakukan dengan menghitung konsentrasi Cd^{2+} disesuaikan dengan konsentrasi perlakuannya. Larutan untuk perlakuan dibuat dengan cara mengencerkan larutan stok konsentrasi $CdCl_2$ 500 ppm dengan larutan akuades. Konsentrasi larutan Cd yang diberikan sebagai perlakuan ada 5 konsentrasi yaitu 0 (kontrol), 25, 50, 100, dan 200 ppm.

Uji Perkecambahan dan Pertumbuhan Kecambah *T. erecta*

Pengujian perkecambahan dan pertumbuhan kecambah dilakukan secara eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap dengan 5

perlakuan konsentrasi Cd. Sebanyak 10 biji *T. erecta* yang telah direndam diletakkan secara acak pada cawan petri yang telah diberi alas kertas merang dan dibasahi larutan perlakuan Cd untuk masing-masing perlakuan dengan 6 ulangan. Perkecambahan biji dilakukan dalam kondisi gelap dengan cara cawan petri ditutup plastik berwarna gelap, dan disimpan pada kondisi suhu ruang (25°C). Proses perkecambahan dilakukan selama 14 hari, kondisi kertas merang dijaga kelembabannya dengan penambahan larutan Cd sesuai perlakuan sebanyak 5 ml. Biji dinyatakan berkecambah jika radikula telah tumbuh dengan panjang minimal 2 mm serta dapat terlihat dengan mata telanjang (Panuccio *et al.*, 2014). Pertumbuhan kecambah diamati terhadap panjang radikula dan hipokotil kecambah pada akhir pengamatan.

Pengamatan Parameter

Pengamatan parameter perkecambahan benih yang diamati adalah jumlah benih yang berkecambah dalam rentang waktu 14 hari. Parameter pertumbuhan kecambah yang diamati antara lain panjang radikula dan panjang epikotil dari kecambah yang tumbuh. Data yang didapat digunakan sebagai penentuan persentase perkecambahan dan indeks vigor kecambah/ SVI (*Seedling Vigor Index*) dengan rumus sebagai berikut:

$$PKC = \frac{\sum Bk}{\sum TB} \times 100 \text{ (Talukdar, 2011)}$$

$$SVI = PKC \times PjK \text{ (Amin et al., 2013)}$$

Keterangan :

PKC= persentase perkecambahan $\sum Bk$ = jumlah benih berkecambah, $\sum TB$ = jumlah total benih, PjK= panjang kecambah (cm). Pengamatan panjang radikula dan hipokotil dari kecambah dilakukan pada akhir penelitian (pada hari ke 14).

Analisis Data

Data perkecambahan dianalisis dengan metode analisis sidik ragam satu arah (*one-way ANOVA*) lalu diuji dengan uji Tukey (*Tukey's Studentized Range (HSD) Test*) dengan taraf uji 5% sehingga dapat diketahui beda nyata dari rata-rata perlakuan. Analisis data menggunakan program IBM SPSS *Statistic* versi 23.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efek Cd pada perkecambahan biji dan kemampuan tumbuh kecambah *T. erecta*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian perlakuan cekaman logam berat Cd dalam bentuk kadmium klorida ($CdCl_2$) pada benih *T. erecta* memberikan efek toksik yang diperlihatkan dalam bentuk penurunan parameter perkecambahan pada perlakuan konsentrasi Cd (25, 50, 100 dan 200 ppm) secara nyata. Penurunan parameter perkecambahan disebabkan oleh logam Cd yang berkompetisi dengan nutrisi yang diserap oleh benih *T. erecta* sehingga menyebabkan gangguan dalam proses perkecambahan (Nazar *et al.*, 2012). Oleh karena itu benih *T. erecta* yang berkecambah memiliki ukuran yang semakin kecil seiring bertambahnya konsentrasi perlakuan logam Cd (Gambar 1).

Pemberian perlakuan Cd dengan konsentrasi 25, 50, 100, dan 200 ppm memberikan efek penurunan persentase perkecambahan (Gambar 2) pada akhir penelitian secara signifikan ($p < 0,05$). Terlihat bahwa kecambah *T. erecta* pada perlakuan logam Cd memiliki persentase perkecambahan yang lebih rendah dari benih yang diberi perlakuan kontrol. Pada penelitian yang dilakukan oleh Hirapure dan Shanware (2019) biji yang diberi perlakuan logam berat Cu, Ni, Pb dan Cr dengan konsentrasi yang tinggi memperlihatkan penurunan pada persentase perkecambahan *T. erecta*. Indeks vigor kecambah (Gambar 3) menurun dengan nilai terendah ditunjukkan pada benih yang diberi perlakuan larutan Cd 200 ppm. Rendahnya nilai persentase perkecambahan dan indeks vigor kecambah pada benih disebabkan oleh sifat toksik logam Cd yang mengurangi penyerapan air sehingga membatasi jumlah air yang diperlukan oleh benih untuk berkecambah (Vijayaragavan *et al.*, 2011). Penurunan parameter perkecambahan karena cekaman logam Cd juga dilaporkan terlihat pada kecambah *T. aestivum* L, *P. vulgaris* (El Rasafi *et al.*, 2016), dan *M. arborea* (Bezini *et al.*, 2019) yang diberi perlakuan logam berat dengan konsentrasi yang tinggi

Efek Cd pada pertumbuhan kecambah *T. erecta*

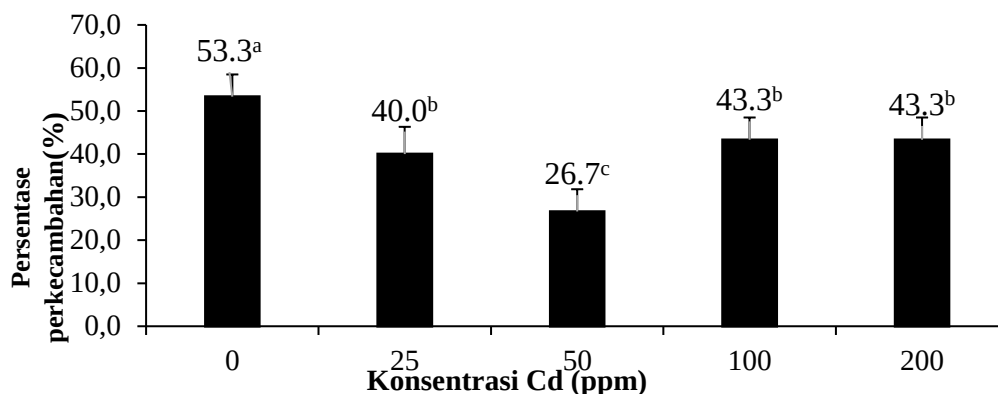
Pemberian perlakuan Cd dalam media perkecambahan benih *T. erecta* memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan radikula (**Gambar 4**) dan hipokotil (**Gambar 5**) dari kecambah. Pada akhir penelitian, panjang radikula dan hipokotil kecambah *T. erecta* mengalami penurunan dengan semakin besar konsentrasi dari perlakuan CdCl_2 . Hal yang sama juga diperlihatkan pada pertumbuhan akar yang terhambat dari tanaman *Amaranthus hibridus* pada cekaman beberapa logam berat termasuk logam Cd (Wibowo, 2019). Pada kecambah yang tumbuh dengan pemberian perlakuan Cd 25 ppm, radikula dari kecambah *T. erecta* memiliki ukuran yang lebih panjang dan memiliki panjang hipokotil yang sama dengan perlakuan kontrol. Hal ini disebabkan oleh logam Cd dalam konsentrasi rendah dapat merangsang pertumbuhan kecambah (Ali et al., 2014). Hal yang sama dilaporkan bahwa panjang akar pada *Medicago sativa* (Aydinalp dan Marinova, 2009;) dan *Jatropha curcas* (Acharya dan Sharma, 2014) yang diberi perlakuan logam berat dengan konsentrasi yang rendah tumbuh lebih panjang dari sampel yang diberi perlakuan kontrol.

Pada media perkecambahan yang diberi perlakuan CdCl_2 25 dan 50 ppm, panjang hipokotil

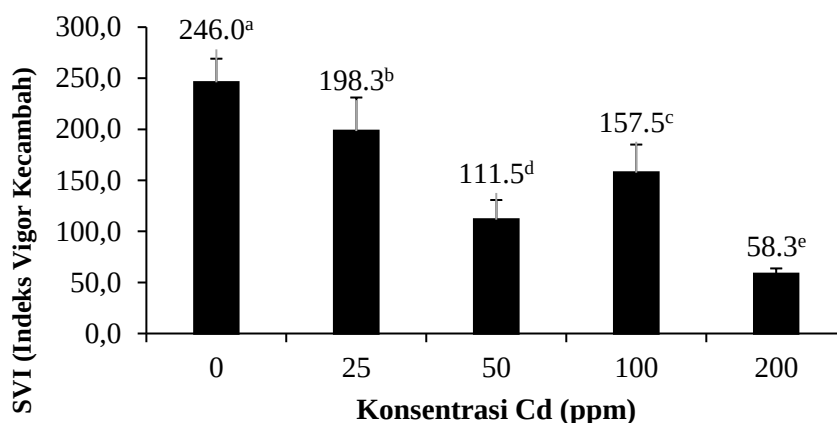
(Gambar 5) kecambah tidak berbeda dari kecambah yang ditumbuhkan pada perlakuan kontrol. Efek dari pemberian cekaman kadmium mulai terlihat pada konsentrasi 100 dan 200 ppm. Pertumbuhan radikula dan hipokotil dari kecambah *T. erecta* secara signifikan ($p < 0,05$) terhambat dengan pemberian perlakuan CdCl_2 pada medium yang diberikan perlakuan dengan konsentrasi ≥ 50 ppm (Gambar 6). Prameswati et al. (2022) menuturkan bahwa *T. erecta* yang diberi cekaman logam yang cukup tinggi dapat menimbulkan perbedaan pada panjang radikula dan hipokotil. Hal ini terjadi karena logam Cd memberikan efek toksik seperti mengurangi penyerapan dan perpindahan nutrient dan air, mengganggu siklus metabolisme tanaman, dan menghambat pertumbuhan dari sel tanaman (Haider et al., 2021). Dalam beberapa kasus akumulasi logam yang berlebih dapat menimbulkan mutasi gen dan kerusakan DNA sehingga siklus serta pembelahan sel menjadi terganggu (Huybrechts et al., 2019; El Rasafi et al., 2020). Pada Gambar 6 terlihat morfologi radikula dari kecambah *T. erecta* yang diberi perlakuan Cd dengan konsentrasi besar akan memiliki ukuran lebih kecil serta berwarna kecoklatan dari kecambah pada perlakuan kontrol yang menunjukkan efek toksik dari logam Cd.



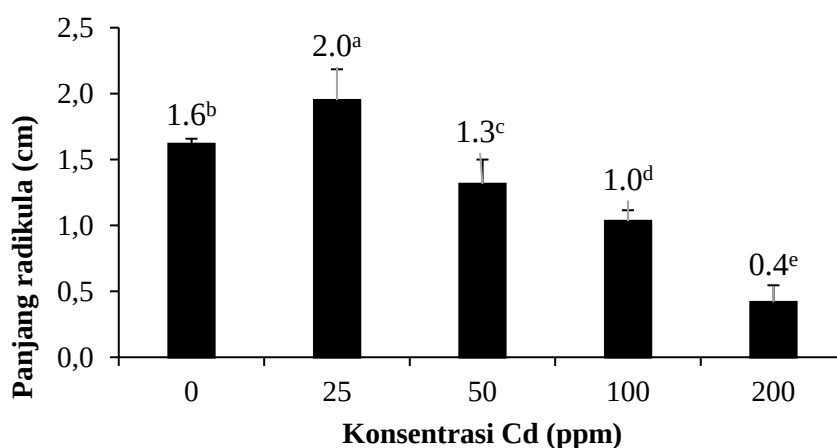
Gambar 1. Pertumbuhan kecambah *T. erecta* pada perlakuan CdCl_2 dengan konsentrasi 0 (kontrol), 25, 50, 100, 200 ppm



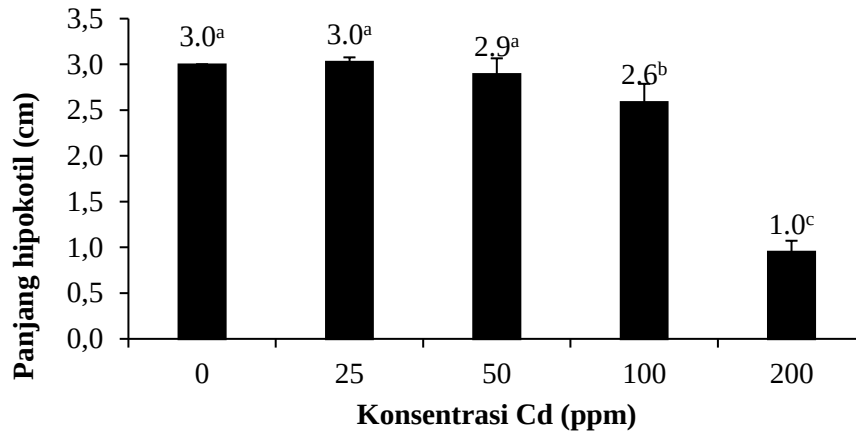
Gambar 2. Persentase perkecambahan benih *T. erecta* pada akhir penelitian dengan pemberian perlakuan CdCl_2 konsentrasi 0, 25, 50, 100, 200 ppm. Angka dengan superskrip berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 95%



Gambar 3. Indeks vigor kecambah (SVI) benih *T. erecta* pada akhir penelitian dengan pemberian perlakuan CdCl_2 konsentrasi 0, 25, 50, 100, 200 ppm. Angka dengan superskrip berbeda menunjukkan perbedaan nyata perlakuan pada taraf 95%



Gambar 4. Panjang radikula dari kecambah *T. erecta* pada akhir penelitian dengan pemberian perlakuan CdCl_2 konsentrasi 0, 25, 50, 100, dan 200 ppm. Angka dengan superskrip berbeda pada diagram menunjukkan ada perbedaan nyata antar perlakuan pada taraf 95%



Gambar 5. Panjang hipokotil dari kecambah *T. erecta* umur 14 hari dengan pemberian perlakuan CdCl_2 konsentrasi 0, 25, 50, 100, dan 200 ppm. Angka dengan superskrip berbeda pada diagram menunjukkan ada perbedaan nyata antar perlakuan pada taraf 95%.



Gambar 6. Morfologi kecambah *T. erecta* pada pada hari ke-14 dengan perlakuan CdCl_2 konsentrasi 0, 25, 50, 100, 200 ppm.

KESIMPULAN

Penambahan logam Cd pada media perkecambahan benih *T. erecta* secara signifikan menghambat perkecambahan dan pertumbuhan kecambah. Penghambatan perkecambahan dan pertumbuhan kecambah ditunjukkan pada rendahnya persentase perkecambahan, indeks vigor kecambah, panjang radikula, dan panjang hipokotil pada perlakuan dibandingkan dengan kontrol. Konsentrasi Cd rendah sebesar 25 ppm menunjukkan panjang radikula *T. erecta* yang lebih besar dibandingkan Cd pada konsentrasi tinggi (50, 100, 200 ppm) karena pada konsentrasi Cd rendah

kecambah *T. erecta* masih mampu merangsang pertumbuhan dan perkembangan kecambah.

DAFTAR PUSTAKA

- Acharya S., & Sharma D.K. (2014). Study on the effects of heavy metals on seed germination and plant growth on *Jatropha curcas*. *International Journal of Agricultural Science Research*, 3(3):31–34.
- Agoro, M.A., Adeniji, A.O., Adefisoye, M.A., & Okoh, O.O. (2020). Heavy metals in wastewater and sewage sludge from selected municipal treatment plants in Eastern CAPE

- Province, South Africa. *Water*, 12(10), 2746.
<https://doi.org/10.3390/w12102746>
- Ahmad, A., Hadi, F., Ahmad, H., Jan, A.U., Rahman, K., Ahmad, S. (2017). Salinity in soil increased cadmium uptake and accumulation potential of two terrestrial plants. *International Journal of Biosciences*, 10(3), 132–142.
- Ali, B., Qian, P., Jin, R., Ali, S., Khan, M., Aziz, R., Tian, T. & Zhou, W. (2014). Physiological and ultra-structural changes in *Brassica napus* seedlings induced by cadmium stress. *Biologia plantarum*, 58(1), 131-138.
<https://doi.org/10.1007/s10535-013-0358-5>
- Amin, H., Arain, B.A., Amin, F., & Surhio, M.A. (2013). Phytotoxicity of chromium on germination, growth and biochemical attributes of *Hibiscus esculentus* L. *American Journal of Plant Sciences*, 4, 2431-2439.
<http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2013.412302>
- Aydinalp, C., & Marinova, S. (2009). The effects of heavy metals on seed germination and plant growth on alfalfa plant (*Medicago sativa*). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 15. 347-350.
- Bardiya-Bhurat, K., Sharma, S., Mishra, Y., & Patankar, C. (2017). *Tagetes erecta* (marigold), a phytoremediant for Ni- and Pb-contaminated area: a hydroponic analysis and factors involved. *Rendiconti Lincei*, 28(4), 673–678. <https://doi.org/10.1007/s12210-017-0636-9>
- Bernhoft, R. A. (2013). Cadmium toxicity and treatment. *The Scientific World Journal*, 1, 394652.
<https://doi.org/10.1155/2013/394652>
- Bezini, E., Abdelguerfi, A., Nedjimi, B., Touati, M., Adli, B., & Yabrir, B. (2019). Effect of some heavy metals on seed germination of *Medicago arborea* L. (*Fabaceae*). *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 84(4), 357-364.
- Cheng, F.M., Zhao, N.C., Xu, H.M., Li, Y., Zhang, W.F., Zhu, Z.W., & Chen, M.X. (2006). Cadmium and lead contamination in japonica rice grains and its variation among the different locations in southeast China. *Science of The Total Environment*, 359: 156-166. doi: 10.1016/j.scitotenv.2005.05.005
- Coelho, L.C., Bastos, A.R.B., Pinho, P.J., Souza, G.A., Carvalho, J.G., Coelho, V.A.T., Oliveira, L.C.A., Domingues, R.R., & Faquin, V. (2017). Marigold (*Tagetes erecta*): the potential value in phytoremediasi of chromium. *Pedosphere*, 27(3), 559-568.
[https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60351-5](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60351-5)
- Rajindiran, S., Dotaniya, M.L, Vassanda, M.C., Panwar, N.R., & Saha, J.K. (2016). Heavy metal polluted soils in India: status and countermeasures. *JNKVV Res J, Issue* 49, pp. 320-337.
- El Rasafi, T., Oukarroum, A., Haddioui, A., Song, H., Kwon, E.E., Bolan, N., Tack, F.M.G., Sebastian, A., Prasad, M.N.V., & Rinklebe, J. (2020). Cadmium stress in plants: A critical review of the effects, mechanisms, and tolerance strategies. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52(5), 675–726.
<https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1835435>
- Haider, F.U., Liqun, C., Coulter, J.A., Cheema, S.A., Wu, J., Zhang, R., Wenjun, M., & Farooq, M. (2021). Cadmium toxicity in plants: impacts and remediation strategies. *Ecotoxicology and environmental safety*, 211, 111887.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111887>
- Hirapure, P., & Shanware, A. (2019). Effects of heavy metals on seed germination and early seedling growth of marigold plants species. *Research Directions, ISSN*, (2321-5488).
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.36243.71208>
- Huybrechts, M., Cuypers, A., Deckers, J., Iven, V., Vandionant, S., Jozefczak, M., & Hendrix, S. (2019). Cadmium and plant development: an agony from seed to seed. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(16), 3971.
<https://doi.org/10.3390/ijms20163971>
- Jadaa, W., & Mohammed, H. (2023). Heavy metals – definition, natural and anthropogenic sources of releasing into ecosystems, toxicity, and removal methods – an overview study. *Journal of Ecological Engineering*. 24. 249–271. 10.12911/22998993/162955.
<https://doi.org/10.12911/22998993/162955>
- Kurniati, F. (2021). Potensi bunga marigold (*Tagetes erecta* L.) sebagai salah satu komponen pendukung pengembangan pertanian. *Media Pertanian*. 6 (1), 22-29.
<https://doi.org/10.37058/mp.v6i1.3010>
- Liu, J., Xin, X., & Zhou, Q. 2017. Phytoremediation of contaminated soils using ornamental plants. *Environmental Reviews*.
<https://doi.org/10.1139/er-2017-0022>

- Madanan, M.T., Shah, I.K., Varghese, G.K., & Kaushal, R.K. (2021). Application of aztec marigold (*Tagetes erecta* L.) for phytoremediation of heavy metal polluted lateritic soil. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 3, 17-22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enceco.2020.10.07>
- Nazar, R., Noushina, I., Masood, A., Khan, M.I.R., Syeed, S., & Khan, N.A. (2012). Cadmium toxicity in plants and role of mineral nutrients in its alleviation. *American Journal of Plant Sciences*, 3, 1476-1489. DOI: 10.4236/ajps.2012.310178
- Palar, H. (2012). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta
- Panuccio, M.R., Jacobsen, S.E., Akhtar S.S., & Muscolo, A. (2014). Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. *AoB Plants*, 6, 1-18. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plu047>
- Prameswati, M., Kasmiyati, S., & Sucahyo, S. (2022). Pengaruh mangan (Mn) terhadap oksidasi kromium trivalen dan pertumbuhan *Tagetes* sp. *Berita Biologi*, 21(3), 313-325. DOI: 10.14203/beritabiologi.v21i3.4190
- Rafati M.R., Rafati M.R., Kazemi, S., & Moghadamnia, A. (2017). Cadmium toxicity and treatment: an update. *Caspian Journal of Internal Medicine*, 8(3), 135-145. <https://doi.org/10.22088/cjim.8.3.135>
- Sahara, E. (2022). Review: potensi tanaman marigold (*Tagetes erecta*) sebagai fitoremediator. *Jurnal Kimia*, 109. <https://doi.org/10.24843/jchem.2022.v16.i01.p14>
- Shah, K., Mankad, A. U., & Reddy, M. N. (2017). Lead accumulation and its effects on growth and biochemical parameters in *Tagetes erecta* L. *International Journal of Life-Sciences Scientific Research*, 3(4), 1142-1147. <https://doi.org/10.21276/ijlssr.2017.3.4.7>
- Talukdar, D. (2011). Effect of arsenic-induced toxicity on morphological traits of *Trigonella foenum-graecum* L. and *Lathyrus sativus* L. during germination and early seedling growth. *Current Research Journal of Biological Sciences*, 3(2), 116-123. <https://maxwellsci.com/print/crjbs/v3-116-123.pdf>
- Vijayaragavan, M., Prabhahar, C., Sureshkumar, J., Natarajan, A., Vijayarengan, P., & Sharavanan, S. (2011). Toxic effect of cadmium on seed germination, growth and biochemical contents of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) plants. *International multidisciplinary research journal*, 1(5), 1-6.
- Wibowo, S. 2019. Pengaruh logam berat terhadap kondisi biologis tanah dan petumbuhan bayam. *Jurnal Agripeat*, 20(1), 55-62. <https://doi.org/10.36873/agp.v20i01.25>.
- Zaid, A., Mohammad, F., Fariduddin, Q. (2020) Plant growth regulators improve growth, photosynthesis, mineral nutrient and antioxidant system under cadmium stress in menthol mint (*Mentha arvensis* L.), 26(1), 25-39. <https://doi.org/10.1007/s12298-019-00715-y>