

Heavy Metal Accumulation in Paddy Fields Along the Trans Sumatra Toll Road, MKTT Section

Josua Puji Lois Fernando¹, Angga Ade Sahfitra^{1*}, Jesika Esra Desimember P¹, Nur Asyiah Dalimunthe¹, Rannando²

¹Fakultas Pertanian, Universitas Medan Area, Sumatera Utara, Indonesia;

²Fakultas Pertanian, Institut Teknologi Perkebunan Pelalawan Indonesia, Riau, Indonesia;

Article History

Received : October 20th, 2024

Revised : November 10th, 2024

Accepted : November 28th, 2024

*Corresponding Author: **Angga Ade Sahfitra**, Fakultas Pertanian, Universitas Medan Area, Sumatera Utara, Indonesia; Email: anggasahfitra@staff.uma.ac.id

Abstract: Infrastructure development, such as toll roads, can significantly impact the surrounding environment, including agricultural areas. In this context, this study aims to analyze the accumulation of heavy metals in lowland rice fields cultivated along the MKTT Trans Sumatra toll road and identify the factors influencing the distribution of heavy metals in these areas. The method used in the research is quantitative descriptive method. After averaging the heavy metals Lead (Pb), Cadmium (Cd) from the three sampling locations, the highest level of Pb or lead metal was 0.0000618251ppm, while the highest level of Cadmium (Cd) was 0.000007234ppm, based on this it can be concluded that the highest metal content is in Lead (Pb), namely 0.0000618251ppm. Based on this data, it can be concluded that plants or crops located near the roadside have the potential to be contaminated or contaminated with heavy metals due to nearby transportation activities which produce emissions, etc. and other factors. from the use of fertilizers and pesticides used by farmers.

Keywords: Heavy metal, metal pollution, paddy fields, toll road.

Pendahuluan

Padi sawah bukan hanya sumber makanan pokok bagi masyarakat, tetapi juga sumber pendapatan bagi para petani di Sumatera Utara. Keberadaan padi sawah di Sumatera Utara menjadi bukti kekayaan alam dan budaya Indonesia sendiri. Namun lahan padi sawah di Sumatera Utara mengalami penyusutan signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Faktor utama adalah alih fungsi lahan untuk pembangunan infrastruktur, kawasan industri, dan perumahan. Data menunjukkan bahwa pada tahun 2020, Sumatera Utara kehilangan 20.000 hektare lahan padi sawah.

Angka ini terus meningkat dan diprediksi mencapai 50.000 hektare dalam lima tahun ke depan (Kurnia *et al.*, 2011). Pengurangan ini akan berakibat fatal, dan mengakibatkan penurunan produksi padi. penyebab penyusutan atau pengurangan lahan

padi sawah disumatera dikarenakan pembangunan infrastruktur . salah satu pembangunan infrastruktur yang terbesar di Sumatera Utara saat ini adalah Jalan Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS, 2021) Sumatera Utara, pembangunan Jalan Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi menyebabkan berkurangnya lahan pertanian padi sawah seluas 2.500 hektare.

Berkurangnya lahan pertanian akibat alih fungsi lahan untuk pembangunan infrastruktur jalan tol tentu mengurangi produktivitas penghasilan padi namun meningkatkan kegiatan transportasi disepanjang jalan tol yang dibangun (Deri & Afu, 2013). Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2023) Transportasi sumber terbesar penyumbang polusi udara perkotaan di Indonesia yaitu sebanyak 70% dari kendaraan bermotor sedangkan untuk 30% berasal dari sumber lain

seperti kegiatan industri. Berdasarkan data tersebut penyumbang polusi udara berasal dari kegiatan transportasi aktivitas transportasi ini akan menghasilkan yaitu tingginya kadar polutan akibat emisi atau pelepasan dari asap kendaraan bermotor.

Emisi kendaraan yang dihasilkan dari proses pembakaran yang dapat menghasilkan polutan berbahaya yang terdiri dari unsur logam berat. Akibat (Ernawan, 2010). Pencemaran ini memungkinkan terjadinya serapan logam berat oleh tumbuhan di sekitarnya..Bahan pencemar (polutan) yang berasal dari gas kendaraan bermotor umumnya berupa gas hasil sisa pembakaran dan partikel logam berat seperti timbal Pb. Timbal (Pb) yang dikeluarkan dari kendaraan bermotor rata-rata berukuran 0,02- 0,05 µm (Antari & Sundra, 2002).

Bahan dan Metode

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada lahan padi sawah ditepi jalan tol trans sumatera ruas MKTT (Medan Kualanamu Tebing-Tinggi). Penelitian ini dilakukan mulai bulan Februari – Mei 2024. Sampel tersebut akan di analisis di PT Socfindo.

Metode yang digunakan pada penelitian adalah dengan metode deskriptif kuantitatif, dimana metode deskriptif yaitu menjelaskan dan mendeskripsikan data hasil pengukuran dan pengamatan yang telah di lakukan dilapangan maupun yang dianalisis di laboratorium (Sugiyono, 2020). Sedangkan metode kuantitatif bertujuan untuk menguji hipotesis seperti dari kesesuaian lahan padi sawah sepanjang jalur MKTT dengan data yang sudah didapat di lapangan (Fitriyah, 2007; Liu et al., 2016).

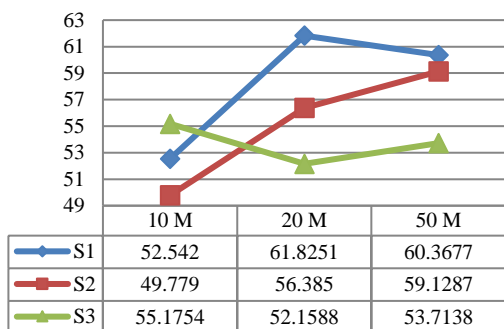
Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian

Penyebaran logam berat pada setiap area titik sampel menunjukkan perbedaan. Konsentrasi timbal (Pb) tertinggi di Area 1 ditemukan pada Sampel 1, Titik Lokasi 2. Di Area 2, konsentrasi Pb tertinggi terdapat pada Sampel 2, Titik Lokasi 3, sedangkan di Area 3, konsentrasi tertinggi ditemukan pada Sampel 3, Titik Lokasi 1. Adapun Data data akumulasi penyebaran logam berat Timbal (Pb) dalam diagram batang dapat dilihat sebagai berikut (Gómez-Ariza, 2013; Handayani et al., 2022).

Tabel 1. Titik kordinat

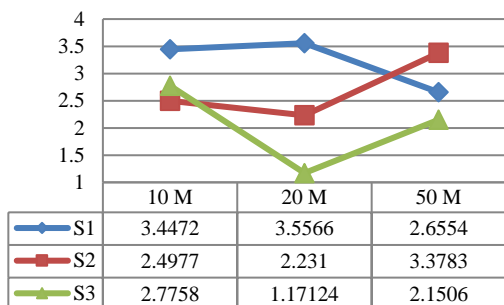
No	Titik Kordinat	Kode Sampel	Kadar Pb (mg/Kg)	Kadar Cd (mg/Kg)	pH
1	3,5466521, 98,9571264	S1.1	52,5420(S)	3,4472(T)	
2	3,5467468, 98,9571404	S1.2	61,8251 (S)	3,5566(T)	4,79
3	3,5470149, 98,9571703	S1.3	60,3677 (S)	2,6554(S)	
4	3,4662676, 99,1249961	S2.1	49,7790(R)	2,4977(S)	
5	3,4663415, 99,1250816	S2.2	56,3850(S)	2,2310(S)	4,85
6	3,4665333, 99,1252623	S2.3	59,1287(S)	3,3783(T)	
7	3,4428419, 99,1412909	S3.1	55,1754(S)	2,7758(S)	
8	3,4429159, 99,1413717	S3.2	52,1588(S)	1,7124(S)	4,9
9	3,4431083,99,1415758	S3.3	53,7138(S)	2,1506(S)	



Gambar 1. Analisis Sampel Pb

Cc logam Berat Cd pada setiap area titik sampel berbeda beda, Kadmium (Cd) pada area 1 memiliki penyebaran dikadar tinggi pada sampe 1 dititik 1 dan 2. Sedangkan pada area ke 2, sampel ke dua memiliki kadar yang sangat tinggi hanya pada daerah titik ke 3 namun dititik 1 dan 2 memiliki kadar yang rendah. Sedangkan pada area ke 3 yaitu sampel 3 ditemukan bahwanyasanya pada titik 1 dan 2 pada

sampel 3 memiliki kadar Kamium yang sangat tinggi dan untuk titik ke 1 pada sampel ketiga berada dikadar tinggi. Dan untuk data data akumulasi penyemaran logam Berat Kadmium (Cd) dapat dilihat melalui diagram.



Gambar 2. Analisis sampel Cd

Berdasarkan hal tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwanya kadar logam tertinggi ada pada Timbal (Pb) yaitu 61, 8251 mg/kg, yaitu pada sampel 1 dititik lokasi ke 2, berdasarkan data tersebut maka dapat ditarik kesimpulan bahwasanya tanah yang berada sekitar pinggir jalan tol berpotensi terkontaminasi atau tercemari logam berat namun pola penurunan kadar Logam berat Pb dan Cd tidak ada pola yang konsisten ketika jarak antara jalan tol dan lahan padi sawah bertambah jauh, hal tersebut juga didukung oleh beberapa pendapat penelitian sebelumnya yaitu pada penelitian Sukarjo *et al.* (2021) dengan judul " Heavy Metal Pollution Assessment in Paddy Fields and Dryland in Bandung District, West Jawa" dimana Studi ini mengevaluasi akumulasi logam berat di lahan padi sawah dekat dengan area perkotaan dan jalan raya pada jarak 10, 20, dan 50 meter juga (Naderizadeh *et al.*, 2016). menunjukkan bahwa adanya penurunan konsentrasi logam berat dengan bertambahnya jarak dari jalan, namun hasilnya tidak konsisten dan terdapat variasi yang signifikan tergantung pada faktor-faktor seperti pola lalu lintas dan intensitas pencemaran di area tersebut (Feng *et al.*, 2011; Ugolini *et al.*, 2013).

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengamatan pada tabel hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil analisis pada sampel tanah sawah disepanjang jalur Tol

MKTT, mengandung kadar logam berat Timbal (Pb) yang termasuk dalam kualifikasi sedang. Klasifikasi ini mengindikasikan bahwa kadar logam berat seperti timbal (Pb) berada pada tingkat yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi normal, namun belum mencapai level yang sangat tinggi atau kritis.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar logam berat di tanah padi sawah di area ini melebihi batas ambang yang ditetapkan oleh standar lingkungan, namun tidak mencapai level yang ekstrem. kadar timbal (Pb) dan yang terdeteksi berada dalam rentang 50-100 mg/kg, yang menunjukkan adanya kontaminasi sedang. Kadar ini bisa berdampak pada kesuburan tanah, dengan potensi penurunan kualitas pertumbuhan padi dan produktivitas panen. Akumulasi logam berat pada tingkat sedang ini dapat juga mengganggu proses biologis di tanah, mempengaruhi penyerapan nutrisi oleh tanaman, dan berpotensi mengurangi hasil panen (Sulaiman & Hamzah, 2018).

Dampak terhadap kualitas beras juga harus diperhatikan. Beras yang lterkontaminasi dengan logam berat pada tingkat sedang mungkin tidak langsung menimbulkan risiko kesehatan yang serius, namun konsumsi jangka panjang dapat berakumulasi dan menyebabkan masalah kesehatan. Oleh karena itu, penting untuk mengawasi kualitas beras dan menerapkan langkah-langkah pencegahan untuk mengurangi paparan logam bera (Wang & Zhang, 2018). Menurut World Health Organization (WHO), nilai ambang batas akumulasi logam berat pada tumbuhan padi yang aman untuk dikonsumsi oleh manusia telah ditetapkan.:

Tabel 2. Nilai Ambang batas Logam Berat Pada Manusia

Jenis Berat Logam (Pb dan Cd)	Kadar Maksimum (mg/kg)
Timbal(Pb)	≤ 0.2mg/kg
Kamium(Cd)	≤ 0.4mg/kg

Kadar logam berat dalam padi merupakan faktor penting dalam menentukan keamanan pangan dan kesehatan manusia. Berdasarkan pedoman yang ditetapkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Indonesia serta standar internasional dari WHO, terdapat batas maksimum kadar logam berat yang dianggap aman untuk konsumsi (Zhang *et al.*, 2016). Batas

maksimum akumulasi kadmium (Cd) yang ditetapkan oleh WHO adalah 0,4 mg/kg. Kadmium adalah logam berat yang dapat terakumulasi dalam tubuh manusia, menyebabkan kerusakan pada ginjal dan tulang jika terpapar dalam jangka panjang. Kadar kadmium yang melebihi batas maksimum ini dapat menyebabkan keracunan kronis dan masalah kesehatan yang serius, sehingga padi dengan kadar kadmium di atas 0.4 mg/kg dianggap tidak aman untuk dikonsumsi.

Menurut World Health Organization (WHO), timah dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan, termasuk kerusakan sistem saraf dan hematopoietik. Jika kadar timah dalam padi melebihi 0.2 mg/kg, risiko kesehatan meningkat secara signifikan, terutama bagi anak-anak, yang dapat mengalami gangguan perkembangan dan anemia. Oleh karena itu, padi yang mengandung timah melebihi batas ini harus dihindari untuk mencegah risiko kesehatan yang berbahaya. Padi yang memenuhi batas maksimum kadar logam berat dianggap aman untuk dikonsumsi dan tidak menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan. Sebaliknya, padi dengan kadar logam berat yang melebihi batas maksimum harus dihindari untuk melindungi kesehatan manusia dari potensi bahaya yang dapat ditimbulkan oleh akumulasi logam berat (Zeng *et al.*, 2011).

Perbedaan kandungan Timbal (Pb) yang terkandung di dalam tanah sawah pada tiap lokasi pengambilan sampel, diduga karena perbedaan pH dan juga dipengaruhi oleh tekanan udara yang membawa logam berat dari aktivitas transportasi serta intensitas aliran air dari hujan yang membawa logam berat ke tanah sawah. Jumlah kadar timah hitam di udara dipengaruhi oleh volume atau kepadatan lalu lintas, jarak dari jalan tol seperti asap kendaraan. Penurunan dan peningkatan yang kurang linear ini mungkin berkaitan dengan faktor lingkungan lain seperti kandungan bahan organik tanah.

Menurut penelitian Fardiaz (2008) yang dapat mempengaruhi interaksi antara logam berat dan partikel tanah, serta kemampuan tanah untuk menyerap atau melepaskan logam berat. Serta pengaruh dari curah hujan yang memiliki potensi untuk membawa logam berat. Hasil penelitian Smith *et al.*, (2022) menunjukkan bahwa curah hujan yang tinggi meningkatkan konsentrasi logam berat di tanah dan tanaman,

terutama di dekat sumber polusi urban (Zhao *et al.*, 2009).

Hasil analisis data di atas menunjukkan bahwa kandungan Timbal (Pb) berbeda antara tanah dekat jalan tol dan ke jarak yang semakin menjauhi jalan tol, diketahui berdasarkan penelitian ini bahwa penyebaran yang tinggi berada di lahan sawah yang berada ditengah yaitu tidak terlalu dekat dan tidak terlalu jauh menjadi lahan yang memiliki nilai Pb yang tertinggi. Berdasarkan penelitian lingkungan dan pedoman kesehatan, Kadar Timbal (Pb) dalam tanah dikategorikan sebagai berikut, Kadar timbal (Pb) dalam tanah yang dinyatakan dalam satuan ppm sebenarnya setara dengan mg/kg, karena satu ppm (parts per million) sama dengan satu mg/kg (miligram per kilogram).

Klasifikasi kadar Pb dipastikan dalam satuan mg/kg, dapat dibagi menjadi beberapa kategori. Kategori *Sangat Rendah* mencakup kadar Pb kurang dari 20 mg/kg. Kategori *Rendah* meliputi kadar Pb antara 20 hingga 50 mg/kg. Kategori *Sedang* mencakup kadar Pb antara 50 hingga 100 mg/kg, sedangkan kategori *Tinggi* mencakup kadar Pb antara 100 hingga 400 mg/kg. Kategori *Sangat Tinggi* meliputi kadar Pb yang melebihi 400 mg/kg. Dengan konsentrasi Timbal (Pb) yang telah di peroleh maka, adapun sampel yang mengandung nilai Pb terbanyak yaitu pada sampel 1 dititik lokasi ke 2.

Berdasarkan data yang telah dipaparkan sebelumnya, bahwasanya untuk kadar logam berat Kadmium (Cd) memiliki kadar yang termasuk kedalam tingkat spesifikasi yang tinggi yaitu pada sampel 1 dititik lokasi 2 yang mengandung kadar 3,5566 mg/Kg. Hal tersebut jika di klasifikasi tingkat kadar Cd pada tanah, dimana Kadar cadmium (Cd) dalam tanah dikategorikan ke dalam beberapa tingkat berdasarkan konsentrasi. Klasifikasi umum yang sering digunakan dalam penelitian lingkungan dan pedoman kesehatan adalah sebagai berikut: kadar Cd sangat rendah jika kadarnya kurang dari 0,5 mg/kg, kadar rendah jika antara 0,5 hingga 1,0 mg/kg, dan kadar sedang jika antara 1,0 hingga 3,0 mg/kg. Selanjutnya, kadar Cd tinggi jika berada dalam rentang 3,0 hingga 5,0 mg/kg, dan sangat tinggi jika melebihi 5,0 mg/kg (Alloway, 2013).

Berdasarkan data tersebut Jika tanah sawah mengandung cadmium (Cd) dalam

spesifikasi yang tinggi, yaitu dalam rentang 3,0 hingga 5,0 mg/kg atau lebih, maka akan terjadi berbagai dampak negatif terhadap tanaman, lingkungan, dan kesehatan manusia. Pada tanaman, kadar Cd yang tinggi dapat menyebabkan toksisitas, menghambat pertumbuhan, dan mengurangi produktivitas. Tanda-tanda toksisitas Cd pada tanaman meliputi perubahan warna daun (klorosis), nekrosis, dan pertumbuhan akar yang terganggu. Tanaman juga dapat menyerap Cd dari tanah dan mengakumulasi dalam jaringan seperti daun, batang, dan buah, yang dapat menurunkan kualitas hasil pertanian dan membuat produk pertanian berbahaya untuk dikonsumsi. Pengaruh terhadap lingkungan mencakup kerusakan mikroorganisme tanah yang penting untuk proses dekomposisi dan siklus nutrisi, yang dapat mengurangi kesuburan tanah dalam jangka panjang.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa lahan tanah yang berada didekat jalan tol akan selalu terdeteksi mengandung logam berat. konsentrasi logam berat seperti Pb (Timbal) dan Cd (Kadmium) cenderung memiliki kadar yang variatif pada jarak 50 meter dari jalan tol. Akumulasi logam berat Pb dan Cd sepanjang jalan tol MKTT (Medan –Kualanamu-Tebing Tinggi) tidak memiliki pola penurunan yang konsisten sehingga terikat penurunan kadar logam berat Pb dan Cd pada lahan dari jalan tol dengan jarak 10, 20 dan 50 m dari jalan Tol ke lahan padi sawah di sepanjang jalur MKTT. Adanya penemuan kadar pola logam berat Pb dan Cd yang yang bervariasi di setiap titik sampel atau tidak memiliki pola yang konsisten antara jarak dan berat Kadar logam berat dalam padi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor lainnya selain jarak dari sumber pencemaran yaitu, yang pertama, PH tanah yang mempengaruhi mobilitas dan ketersediaan logam berat karena dengan pH yang rendah, logam berat cenderung lebih larut dan lebih mudah diabsorpsi oleh tanaman dan meningkatkan kadar logam berat dalam padi. Kedua, Kondisi jenis Tanaman padi, Varietas padi tertentu mungkin lebih cenderung mengakumulasi logam berat dibandingkan

dengan yang lain. Ketiga, Metode Pertanian, Penggunaan pupuk dan pestisida yang cc

Ucapan Terima Kasih

Peneliti ucapkan terima kasih kepada. Kepada Bapak/Ibu Dosen yang ada di Universitas Medan Area yang membantu peneliti dalam menyelesaikan penelitian ini.

Referensi

- Alloway, B. J. (2013). *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*. Springer.
- Antari, A. . R. J., & Sundra, I. K. (2002). Kandungan Timah Hitam (Plumbum) pada Tanaman Peneduh Jalan di Kota Denpasar. *Bumi Lestari*, 7(2).
- BPS. (2021). *Luas Panen, Produksi dan Rata-Rata Produksi Padi Sawah dan Padi Ladang Menurut Kabupaten/Kota, 2019-2020*. Badan Pusat Statistik. <https://sumut.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTU0IzI=/luas-panen-produksi-dan-rata-rata-produksi-padi-sawah-dan-padi-ladang-menurut-kabupaten-kota.html>
- Deri, E., & Afu, L. O. A. (2013). Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Mina Laut Indonesia*, 1(1), 38–48.
- Ernawan, D. (2010). *Pengaruh Penggenangan dan Konsentrasi Timbal (Pb) Terhadap Pertumbuhan dan Serapan Pb Azolla Microphyllapada Tanah Berkarakter Kimia Berbeda*. Skripsi. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Fardiaz, S. (2008). *Polusi Air dan Udara*. Kanisius.
- Feng, J., Wang, Y., Zhao, J., Zhu, L., Bian, X., & Zhang, W. (2011). Source Attributions of Heavy Metals in Rice Plant Along Highway in Eastern China. *Journal of Environmental Sciences*, 23(7), 1158–1164. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(10\)60529-3](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(10)60529-3)
- Fitriyah, K. R. (2007). *Studi pencemaran logam berat Kadmium (Cd), Merkuri (Hg) Dan Timbal (Pb) pada air laut, sedimen dan kerang bulu (Anadara Antiquata) di Perairan Pantai Lekok Pasuruan*. Skripsi.

- Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Gómez-Ariza, M. V. (2013). Assessment of Heavy Metal Contamination in Paddy Soils Near Major Roadways. *Environmental Monitoring and Assessment*, 1(1).
- Handayani, C. O., Sukarjo, S., Dewi, T., & Zu'amah, H. (2022). Logam Berat dan Probabilistik Penilaian Risiko Kesehatan Melalui Konsumsi Beras dari Lahan Sawah di Hulu Sungai Citarum. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(2), 225–234. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.2.225-234>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2023). *Uji Emisi dan Kendaraan Listrik Jadi Solusi Tekan Polusi*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. <https://ppid.menlhk.go.id/berita/siaran-pers/7311/uji-emisi-dan-kendaraan-listrik-jadi-solusi-tekan-polusi>
- Kurnia, U., Agus, F., Aimihardja, A., & Dariah, A. (2011). *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*. IPB Press.
- Liu, R., Men, C., Liu, Y., Yu, W., Xu, F., & Shen, Z. (2016). Spatial Distribution and Pollution Evaluation of Heavy Metals in Yangtze Estuary Sediment. *Marine Pollution Bulletin*, 110(1), 564–571. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.05.060>
- Naderizadeh, Z., Khademi, H., & Ayoubi, S. (2016). Biomonitoring of Atmospheric Heavy Metals Pollution Using Dust Deposited on Date Palm Leaves in Southwestern Iran. *Atmósfera*, 29(2), 141–155. <https://doi.org/10.20937/ATM.2016.29.02.04>
- Sugiyono. (2020). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Sukarjo, Zulaehah, I., Handayani, C. O., & Zu'amah, H. (2021). Heavy Metal Pollution Assessment in Paddy Fields and Dryland in Bandung District, West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 648(1), 012114. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/648/1/012114>
- Sulaiman, F. R., & Hamzah, H. A. (2018). Heavy Metals Accumulation in Suburban Roadside Plants of A Tropical Area (Jengka, Malaysia). *Ecological Processes*, 7(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s13717-018-0139-3>
- Ugolini, F., Tognetti, R., Raschi, A., & Bacci, L. (2013). Quercus ilex L. as Bioaccumulator For Heavy Metals in Urban Areas: Effectiveness of Leaf Washing With Distilled Water and Considerations on The Trees Distance From Traffic. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(4), 576–584. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.05.007>
- Wang, M., & Zhang, H. (2018). Accumulation of Heavy Metals in Roadside Soil in Urban Area and the Related Impacting Factors. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(6), 1064. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061064>
- Zeng, F., Ali, S., Zhang, H., Ouyang, Y., Qiu, B., Wu, F., & Zhang, G. (2011). The Influence of pH and Organic Matter Content in Paddy Soil on Heavy Metal Availability and Their Uptake by Rice Plants. *Environmental Pollution*, 159(1), 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.09.019>
- Zhang, H., Zhang, Y., Wang, Z., Ding, M., Jiang, Y., & Xie, Z. (2016). Traffic-Related Metal (Loid) Status and Uptake by Dominant Plants Growing Naturally in Roadside Soils in The Tibetan Plateau, China. *Science of The Total Environment*, 573, 915–923. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.128>
- Zhao, K., Zhang, W., Zhou, L., Liu, X., Xu, J., & Huang, P. (2009). Modeling Transfer of Heavy Metals in Soil–Rice System and Their Risk Assessment in Paddy Fields. *Environmental Earth Sciences*, 59(3), 519–527. <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0049-x>