

Peran *Lichen* sebagai Bioindikator Pencemaran Logam berat Timbal (Pb) di udara

Sukma Dewanty Jahja^{1*}, Fitriyane Lihawa², Dewi Wahyuni K. Baderan³

¹⁻³Pascasarjana Prodi Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

Email : echajahja@gmail.com^{1*}

Alamat: Jl. Jend. Sudirman No.6, Dulalowo Tim., Kota Tengah, Kota Gorontalo 96128

Korespondensi penulis: echajahja@gmail.com

Abstract. *The increase in human activities, such as industrialization, urbanization, and transportation, has led to air pollution, including heavy metal contamination such as lead (Pb). Lead originates from vehicle emissions, industrial activities, and fossil fuel combustion, which have detrimental effects on the environment and human health. One effective method for monitoring air pollution is biomonitoring using bioindicators, such as lichen. Lichen is sensitive to air quality and can absorb pollutants, including heavy metals, through its surface. This study uses a literature review to analyze the role of lichen as a bioindicator of heavy metal pollution, specifically lead. Several lichen species, such as *Xanthoparmelia xanthofarinosa* and *Canoparmelia aptata*, are known to accumulate heavy metals from the environment. The results show that the lead content in lichen varies depending on the pollution level in the location. Areas with high traffic have higher lead concentrations compared to areas with low traffic. The advantages of using lichen as a bioindicator include low cost, practicality, and its ability to provide long-term data on air quality. With this understanding, lichen data can be used for pollution mitigation and evidence-based policies to reduce the impact of air pollution. Further research is recommended to explore the potential of lichen in detecting other heavy metals, such as cadmium (Cd) and copper (Cu).*

Keywords: *Lichen, Bioindicator, Pollution, Lead (Pb), Biomonitoring*

Abstrak. Peningkatan aktivitas manusia, seperti industrialisasi, urbanisasi, dan transportasi, menyebabkan pencemaran udara, termasuk logam berat seperti timbal (Pb). Timbal berasal dari emisi kendaraan bermotor, industri, dan pembakaran bahan bakar fosil, yang berdampak buruk pada lingkungan dan kesehatan. Salah satu metode pemantauan pencemaran udara yang efektif adalah biomonitoring menggunakan bioindikator, seperti lichen. Lichen sensitif terhadap kualitas udara dan mampu menyerap polutan, termasuk logam berat, melalui permukaan tubuhnya. Penelitian ini menggunakan studi literatur untuk menganalisis peran lichen sebagai bioindikator pencemaran logam berat, khususnya timbal. Beberapa spesies lichen, seperti *Xanthoparmelia xanthofarinosa* dan *Canoparmelia aptata*, diketahui dapat mengakumulasi logam berat dari lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan timbal dalam lichen bervariasi tergantung pada tingkat polusi udara di lokasi. Area dengan lalu lintas padat memiliki kandungan timbal lebih tinggi dibandingkan area dengan lalu lintas rendah. Keunggulan lichen sebagai bioindikator meliputi biaya rendah, praktis, dan kemampuannya memberikan data jangka panjang tentang kualitas udara. Dengan pemahaman ini, data lichen dapat digunakan untuk mitigasi pencemaran dan kebijakan berbasis bukti guna mengurangi dampak polusi udara. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mengeksplorasi potensi lichen dalam mendeteksi logam berat lain, seperti kadmium (Cd) dan tembaga (Cu).

Kata kunci: Lichen, Bioindikator, Pencemaran, Timbal (Pb), Biomonitoring

1. LATAR BELAKANG

Peningkatan aktivitas manusia seperti industrialisasi, urbanisasi, dan transportasi telah menyebabkan tingginya tingkat pencemaran lingkungan, khususnya udara. Salah satu polutan berbahaya yang sering ditemukan di udara adalah logam berat timbal (Pb). Timbal berasal dari berbagai sumber, termasuk emisi kendaraan bermotor, aktivitas industri seperti peleburan logam, pembakaran bahan bakar fosil, serta produk-produk

seperti cat dan baterai. Partikel timbal yang terlepas ke atmosfer dapat terdispersi secara luas, mencemari udara, tanah, dan air, serta memberikan dampak negatif pada lingkungan dan kesehatan manusia.

Menurut (Maryanto et al., 2014), di Indonesia kendaraan bermotor meningkat jumlahnya dari tahun ke tahun, gas buang yang di timbulkan dari kendaraan bermotor tersebut menimbulkan polusi udara sebesar 70 sampai 80 persen, sedangkan pencemaran udara akibat industri hanya 20-30 persen saja.

Logam berat dan polutan lainnya di udara harus ditangani secara teratur untuk mencegah kerusakan lebih lanjut dan dampak buruk lainnya. Salah satu tindakan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pemantauan kualitas udara secara berkala untuk mengidentifikasi dan mengurangi polusi. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah biomonitoring menggunakan bioindikator.

Bioindikator merupakan kelompok atau komunitas organisme yang keberadaannya berkaitan erat dengan faktor lingkungan tertentu guna mengetahui kesehatan suatu lingkungan. Menurut (Yuliani et al., 2021), bioindikator memiliki sensitivitas atau toleransi terhadap suatu kondisi lingkungan sehingga kehadiran atau ketidakhadirannya mampu mencerminkan kondisi dan perubahan yang terjadi pada lingkungan tersebut. Pada konteks pencemaran udara oleh polusi, salah satu bioindikator yang dapat digunakan adalah lichen.

Lichen sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, seperti tingkat polusi udara di suatu area. Karena kepekaannya terhadap kualitas udara, lichen dapat digunakan sebagai indikator biologis (bioindikator) untuk mendeteksi pencemaran udara. Semakin jauh suatu wilayah dari sumber polusi, semakin tinggi keragaman jenis lichen yang ditemukan, dan komposisi spesiesnya akan berubah sesuai dengan kondisi lingkungan tersebut. Berdasarkan uraian tersebut penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana peran lichen sebagai bioindikator untuk mendeteksi pencemaran logam berat di udara.

2. KAJIAN TEORITIS

Lichen atau lumut kerak adalah organisme yang terbentuk dari koloni dua jenis makhluk hidup, yaitu jamur dan ganggang atau bakteri yang mampu melakukan fotosintesis. Menurut (Chandra, 2017), lichenes (lumut kerak) merupakan gabungan antara fungi dan alga sehingga secara morfologi dan fisiologi merupakan satu kesatuan.

Lumut ini hidup secara epifit pada pohon-pohonan, di atas batu, di tepi pantai atau gunung-gunung yang tinggi.

Dalam pertumbuhannya, lichen memiliki adaptasi yang tinggi, hal ini sesuai yang dikemukakan oleh (Chandra, 2017), lichen dapat tumbuh baik pada kondisi-kondisi lingkungan yang sangat ekstrim dari gurun pasir sampai Antartika yang mempunyai temperatur di bawah 0°C. Lichenes yang hidup pada batuan dapat menjadi kering karena teriknya matahari, tetapi tumbuhan ini tidak mati, dan jika turun hujan maka dapat hidup kembali. Perbedaan geografis menghasilkan banyak sekali variasi dari tumbuhan tersebut.

Menurut (Hutasuhut et al., 2021), lichen secara umum dapat dibagi menjadi 4 tipe berdasarkan thallusnya, yaitu *crustose*, *fruticose*, *foliose* dan *squamulose*.

a. Crustose

Crustose merupakan jenis lichen dengan morfologi datar, berukuran kecil dan tipis dan menempel pada permukaan batuan, permukaan tanah dan bagian atas kulit pohon. Lichen *crustose* ada dua yaitu endolitik dan endoploidik. Contoh spesies: *Lepraria incana* dan *Lecanora thysanophara*.

b. Fruticose

Fruticose memiliki tipe talus bercabang tidak teratur yang sangat kompleks, berbentuk silinder dan bagian dasar talus menempel kuat pada substrat dengan cakram bertingkat. Lichen tipe *fruticose* tumbuh pada daun, permukaan pohon dan permukaan batuan. Contoh spesies: *Bryoria fuscescens*.

c. Foliose

Foliose umumnya melekat lebih longgar pada substrat tempat menempelnya dan memiliki struktur menyerupai daun. Talus *foliose* umumnya lebar dan menyerupai daun yang berkerut memutar dengan banyak lekukan. Contoh spesies: *Parmelia plumbea* dan *Parmelia caperata*.

d. Squamulose

Squamulose memiliki struktur lobus menyerupai sisik, dengan ukuran lobus yang kecil dan saling tumpang tindih. Contoh jenis Lichen *squamulose* adalah *Cladonia sp.* dan *Psora pseudorusselli*.

Habitat lichen tidak dipengaruhi oleh ketinggian dari permukaan laut. Tumbuhan ini termasuk tumbuhan perintis yang ikut berperan dalam pembentukan tanah. Tempat tumbuh lichen tidak terikat tempat, bisa saja di bebatuan atau pada

cadas di bebatuan di atas permukaan laut, atau di gunung – gunung yang tinggi. Dengan karakter inilah, lichen dikatakan memiliki sifat endolitik (Roziaty, 2016).

Lichen memiliki peran penting di dalam ekosistem, Menurut Widodo (2023), lichen memiliki peran diantaranya: tumbuhan lichen dapat berfungsi sebagai penyedia oksigen, penyerap polutan, agensuksesi, dan biomonitoring kualitas udara, sehingga lichen dapat digunakan sebagai organisme bioindikator pencemaran udara.

Lichen sering digunakan dalam penelitian lingkungan karena lichen dapat menyimpan informasi tentang kondisi udara dalam jangka panjang. Ketika lichen mulai menghilang dari suatu area, hal ini menjadi peringatan dini bahwa kualitas udara telah menurun, yang dapat berdampak buruk tidak hanya bagi ekosistem tetapi juga bagi kesehatan manusia. Menurut Widodo (2023), semakin banyak jenis dan jumlah lichen yang ditemukan di suatu daerah maka dapat disimpulkan bahwa daerah tersebut masih dalam keadaan sehat dan memiliki kualitas udara yang bagus dan tingkat polusi udara yang cenderung rendah.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur, yaitu dengan mengumpulkan dan menganalisis data dari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, buku, dan laporan penelitian terkait peran lichen sebagai bioindikator pencemaran logam berat.

Pemilihan literatur dapat membantu peneliti mencapai pemahaman yang mendalam tentang peran Lichen sebagai bioindikator kualitas udara berdasarkan penelitian sebelumnya tanpa penyelidikan lapangan. Dalam analisis ini, sumber-sumber yang relevan telah diperoleh dari database akademik terkemuka yang menjelaskan tentang peran lichen sebagai bioindikator pencemaran logam berat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lichen atau yang biasa disebut lumut kerak telah lama dikenal sebagai bioindikator yang dalam menilai kualitas udara. Organisme ini sangat peka terhadap polusi, terutama terhadap zat-zat seperti sulfur dioksida (SO₂), nitrogen oksida (NO₂), timbal dan ozon (O₃). Menurut Waruwu (2022), liken akan sangat berguna dalam menunjukkan beban polusi udara yang telah terjadi dalam waktu yang lama. Hal ini dapat dilihat dengan cara mengamati pertumbuhan liken yang menempel pada pohon atau batu. Kondisi liken pada daerah tercemar akan menunjukkan respons pertumbuhan dan kesuburan yang

kurang baik akibat pencemaran udara, yang secara langsung atau tidak langsung, dapat menghambat perkembangan ataupun keberadaan suatu jenis liken pada wilayah tersebut.

Lichen sangat rentan terhadap polutan udara, termasuk logam berat seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan arsenik (As). Lichen menyerap polutan ini melalui permukaan tubuh mereka, yang langsung berhubungan dengan udara. Menurut Ramlia (2018), sifat logam berat yang tidak dapat terdegradasi dan mudah diserap oleh lichen dapat menyebabkan pencemaran. Selain merusak ekosistem, unsur logam berat juga dapat berdampak buruk pada lingkungan dan kesehatan manusia. Salah satu logam berat yang dapat menyebabkan keracunan pada organisme hidup adalah timbal (Pb).

Berdasarkan hasil studi penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa lichen tidak hanya berfungsi sebagai indikator kualitas udara, tetapi juga memberikan informasi tentang jenis polutan yang ada. Fandani et al. (2019) melaporkan penggunaan lichen sebagai bioindikator di Desa Silo dan Pace, yang menunjukkan hubungan langsung antara kehadiran lichen dan tingkat pencemaran udara. Penelitian ini menunjukkan bahwa lichen dapat memberikan gambaran yang jelas tentang kualitas udara di area yang terpengaruh oleh aktivitas manusia, seperti transportasi dan industri.

Dari segi efektivitas, penggunaan lichen sebagai bioindikator memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode pemantauan lainnya. Lichen dapat mengindikasikan perubahan kualitas udara dalam jangka waktu yang lebih lama, karena mereka dapat menyerap polutan dari atmosfer dan menyimpannya dalam jaringan mereka (Mafaza et al., 2019). Selain itu, lichen tidak memerlukan peralatan mahal untuk pengambilan sampel dan analisis, sehingga menjadikannya metode yang lebih praktis dan ekonomis untuk pemantauan kualitas udara (Yuliani et al., 2021).

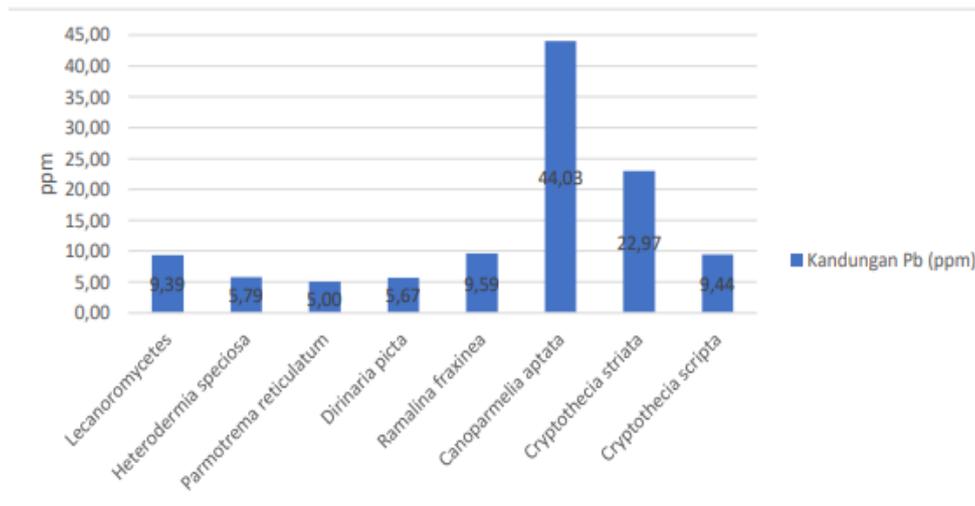
Dalam konteks pencemaran logam berat, lichen juga menunjukkan potensi yang signifikan. Penelitian di lokasi-lokasi dengan tingkat pencemaran logam berat yang berbeda menunjukkan bahwa lichen dapat mengakumulasi logam berat dari lingkungan, yang memungkinkan peneliti untuk menilai tingkat pencemaran secara lebih akurat (Laelasari, 2021). Misalnya, penelitian oleh Yuliani et al. (2021) menunjukkan bahwa lichen di daerah perkotaan yang terpapar polusi kendaraan bermotor memiliki konsentrasi logam berat yang lebih tinggi dibandingkan dengan lichen di daerah yang lebih bersih.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Jamhari (2011) tentang hubungan kandungan timbal (Pb) di udara dengan Pb dalam talus lichen *Xanthoparmelia xanthofarinosa* menunjukkan bahwa spesies *X. Xanthofarinosa* memiliki kemampuan

untuk mengakumulasi Pb. Lichen dapat menyerap timbal (Pb) karena struktur tubuhnya yang sederhana dan kemampuannya menyerap nutrisi langsung dari atmosfer. Tidak seperti tanaman dengan sistem akar, lichen memperoleh air dan mineral melalui permukaan tubuhnya yang luas. Permukaan ini kaya akan senyawa polisakarida dan asam lichen yang mampu mengikat partikel logam berat, termasuk timbal. Hal yang sama di kemukakan oleh Jamhari (2011), secara morfologi maupun fisiologi lichen dianggap relevan dengan akumulasi logam. Karakteristik morfologi lichen memiliki arti penting dalam penahanan awal terhadap partikel di udara. Secara fisiologi lichen dapat digunakan untuk menentukan kandungan logam. Pb tidak larut, terakumulasi secara ekstraseluler, dan terpusat di bagian medulla. Sekali terikat pada medula, Pb tidak mudah dipindahkan oleh hujan dan angin. Beberapa jenis lichen mampu mengakumulasi Pb kurang lebih 2000 ppm.

Paparan logam berat timbal (Pb) di udara disebabkan oleh berbagai aktivitas manusia dan proses alamiah. Salah satu sumber utama timbal adalah emisi dari kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bertimbal, meskipun penggunaannya telah berkurang di banyak negara. Aktivitas industri, seperti peleburan logam, pabrik baterai, dan proses manufaktur lainnya, juga berkontribusi signifikan terhadap pencemaran timbal. Menurut Chandra (2017), kendaraan bermotor menjadi sumber utama pencemaran timbal (Pb) di udara perkotaan, dengan sekitar 60-70% partikel Pb dihasilkan dari aktivitas tersebut, dan sekitar 75% timbal dalam bahan bakar dilepaskan kembali ke atmosfer.

Hasil penelitian yang di lakukan oleh Maulani (2021), mengenai pencemaran timbal dari volume kendaraan bermotor didapatkan hasil yaitu kandungan timbal paling banyak ada pada jenis lichen *Canoparmelia aptata* yang memiliki tipe thallus foliose, dan kandungan timbal yang tekecil terdapat di lichen dengan spesies *Parmotrema reticulatum* yang juga memiliki tipe thallus foliose.



Grafik 1

Sumber Data: Penelitian Maulani (2021)

Perbedaan kandungan timbal tersebut disebabkan oleh berbagai faktor, baik yang berkaitan dengan sifat lingkungan maupun karakteristik lichen itu sendiri. Salah satu faktor utama adalah lokasi geografis, di mana lichen yang tumbuh di dekat sumber polusi, seperti kawasan industri, jalan raya dengan lalu lintas padat, atau pembangkit listrik, cenderung memiliki kadar timbal yang lebih tinggi dibandingkan dengan lichen di daerah terpencil. Selain itu, jenis substrat tempat lichen tumbuh juga memengaruhi kemampuan akumulasi timbal, karena beberapa substrat dapat meningkatkan retensi polutan di sekitar lichen. Menurut Maulani (2021), tinggi atau rendahnya suatu zat pencemar dalam lichen sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia yang dilakukan di sekitarnya. Lichen sangat sensitif terhadap polusi di udara karena lichen tidak memiliki akar, dan menyerap banyak kebutuhan fotosintesisnya langsung dari udara dan memerlukan uap air disekitar mereka. Hal ini yang membuat lichen sangat sensitif terhadap polusi udara karena lichen tidak memiliki cara untuk mengeluarkan polutan yang telah diserap.

Perbedaan kandungan timbal pada lichen juga di temui pada penelitian yang di lakukan oleh Yuliani (2021), didapatkan hasil yaitu perbedaan kandungan timbal berdasarkan tingkat kepadatan lalu lintas. Jumlah kandungan logam dalam lichen yang telah di identifikasi mendapatkan hasil pada lokasi padat lalu lintas sebesar 47 mg/kg Kadar Timbal yang dihasilkan. Kemudian Lokasi kedua dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang lumayan renggang yaitu sebesar 36 mg/kg Kadar Timbal yang dihasilkan. Dan untuk lokasi sepi lalu lintas Perumahan Citra land 33 mg/kg Kadar Timbal yang dihasilkan. Hubungan kepadatan lalu lintas dengan kandungan timbal Pb yaitu semakin rendah kandungan timbal maka semakin rendah juga jumlah kendaraan yang lewat.

Lichen sebagai bioindikator memiliki manfaat yang signifikan dalam pemantauan lingkungan, terutama dalam konteks pencemaran logam berat seperti timbal (Pb). Salah satu keuntungan utama dari penggunaan lichen adalah efisiensinya dalam pengumpulan data lingkungan yang ekonomis. Lichen dapat ditemukan di berbagai lokasi dan tidak memerlukan peralatan mahal untuk pengambilan sampel, sehingga menjadikannya pilihan yang praktis untuk pemantauan kualitas udara. Dengan data yang dihasilkan, pemerintah dan lembaga terkait dapat merumuskan strategi mitigasi pencemaran dan meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga kualitas lingkungan. Rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut mencakup pengembangan metode analisis yang lebih detail untuk meningkatkan akurasi dan sensitivitas dalam pengukuran kadar logam berat di lichen dan penelitian dapat diperluas untuk mengeksplorasi penggunaan lichen dalam bioindikasi logam berat lainnya, seperti kadmium (Cd) dan tembaga (Cu), yang juga merupakan polutan berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Lichen merupakan bioindikator yang efektif untuk mendeteksi pencemaran logam berat, khususnya timbal (Pb), di udara. Sifatnya yang sensitif terhadap polutan, kemampuan menyerap logam berat melalui permukaan tubuhnya, serta distribusinya yang luas menjadikannya alat yang sangat berguna dalam pemantauan kualitas udara. Penelitian menunjukkan bahwa keberadaan dan kondisi lichen dapat mencerminkan tingkat pencemaran udara, baik dari aktivitas kendaraan bermotor, industri, maupun sumber polusi lainnya. Jenis lichen dengan struktur thallus tertentu, seperti *Canoparmelia aptata* dan *Parmotrema reticulatum*, memiliki kapasitas akumulasi timbal yang berbeda, yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan, lokasi geografis, dan intensitas aktivitas manusia di sekitarnya.

Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya adalah mengembangkan metode analisis yang lebih rinci dan memperluas eksplorasi terhadap penggunaan lichen dalam bioindikasi logam berat lainnya seperti kadmium (Cd) dan tembaga (Cu). Dengan begitu, peran lichen dalam pelestarian lingkungan dapat dimaksimalkan, khususnya untuk mencegah dampak buruk pencemaran terhadap ekosistem dan kesehatan manusia.

DAFTAR REFERENS

- Chandra, R. H. (2017). Akumulasi timbal (Pb) dan keanekaragaman jenis lichenes di Taman Kota Medan. *BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*, 2(1), 23–37. <https://doi.org/10.31289/biolink.v2i1.763>
- Fandani, S., Sulistiyowati, H., & Setiawan, R. (2019). Tingkat pencemaran udara di desa Silo dan Pace, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember dengan menggunakan lichen sebagai bioindikator. *Berkala Sainstek*, 7(2), 39. <https://doi.org/10.19184/bst.v7i2.6861>
- Hutasuhut, M. A., Febriani, H., & Devi, S. (2021). Identifikasi dan karakteristik habitat jenis lumut kerak di Taman Wisata Alam Sicikeh-Cikeh Kabupaten Dairi Sumatera Utara. *Jurnal Biolokus*, 4(1), 43. <https://doi.org/10.30821/biolokus.v4i1.957>
- Jamhari, M. (2011). Hubungan kandungan timbal (Pb) di udara dengan Pb dalam talus lichen *Xanthoparmelia xanthofarinosa*. In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning (Vol. 8, No. 1, pp. 39-42)*.
- Laelasari, I. (2021). Morfologi tipe talus lichen sebagai bioindikator pencemaran udara di Kudus. *Bioma Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 3(1), 36-42. <https://doi.org/10.31605/bioma.v3i1.850>
- Laksono, A. (2017). Identifikasi jenis lichen sebagai bioindikator kualitas udara di Kampus Institut Agama Islam Negeri Raden Intan Lampung (Doctoral dissertation, IAIN Raden Intan Lampung).
- Mafaza, H., Murningsih, M., & Jumari, J. (2019). Keanekaragaman jenis lichen di Kota Semarang. *Life Science*, 8(1), 10-16. <https://doi.org/10.15294/lifesci.v8i1.29985>
- Maryanto, D., Mulasari, S. A., & Suryani, D. (2014). Penurunan kadar emisi gas buang karbon monoksida (CO) dengan penambahan arang aktif pada kendaraan bermotor di Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Journal of Public Health)*, 3(3). <https://doi.org/10.12928/kesmas.v3i3.1110>
- Maulani, R. A. (2021). Analisis lichen sebagai bioindikator potensi pencemaran timbal dari volume kendaraan pada jalan provinsi Kota Pagar Alam sampai Kabupaten Lahat Sumatera Selatan (Skripsi).
- Ramli, R., Rahmi, & Abidin Djalla. (2018). Uji kandungan logam berat timbal (Pb) di perairan wilayah pesisir Parepare. *Jurnal Ilmiah Manusia Dan Kesehatan*, 1(3), 255–264. <https://doi.org/10.31850/makes.v1i3.111>
- Roziaty, E. (2016). Review: Kajian lichen: Morfologi, habitat dan bioindikator kualitas udara ambien akibat polusi kendaraan bermotor. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 2(1), 54. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v2i1.1632>
- Waruwu, F. B. A., Hasairin, A., & Sudibyo, M. (2022). Keanekaragaman jenis liken (lumut kerak) di kawasan Tahura Bukit Barisan.
- Widodo, G. A., Kartikasari, D., Ichyaidina, A. N., & Pitaloka, D. (2023). Keragaman lichen di kawasan wisata alam Kandung Kabupaten Tulungagung. *RADIKULA: Jurnal Ilmu Pertanian*, 2(1), 47-59.

Yuliani, R., Imaningsih, W., & Yuwati, T. (2021). Lichen as bioindicator of air quality at buffer zone of Banjarbaru town. *Jurnal Galam*, 2(1), 54-65. <https://doi.org/10.20886/glm.2021.2.1.54-65>