

Identifikasi Lumut Kerak (Lichen) sebagai Bioindikator Pencemaran Udara di Area Kampus Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati

Allifa Khoerurrahmah ¹, Amelia Alphabenita ², Clarissa
Syahnaz Aulia ³, Ateng Supriyatna ⁴

^{1,2,3,4} Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung

Email : allifakhoerurrahmah@gmail.com, amelia.alphabenita903@gmail.com,
elclarissa14@gmail.com.

Abstract. This research aims to identify lichens as bioindicators of air pollution in the area of the Sunan Gunung Djati State Islamic University Campus, Bandung. Research was carried out to evaluate the amount and types of lichen present and to assess the air quality in the campus environment. In this research, observations were made of several types of lichens growing in various locations on campus. Observation results showed the presence of several types of lichens such as *Dirinaria sp.*, *Cryptothecia striata*, *Dirinaria picta*, and *Diploicia canescens*. The number of colonies and morphological characteristics of each lichen type were identified to interpret the level of air pollution at each location. Observation results show that the campus has a variety of lichen types, each of which shows tolerance to different environmental conditions. Among the types found, *Dirinaria sp.* and *Cryptothecia striata* were found in relatively large numbers of colonies, while *Dirinaria picta* showed good adaptability even though it was found in small numbers, and *Diploicia canescens* indicated fairly polluted air conditions. Thus, this research concludes that lichens can be used effectively as bioindicators to monitor air quality around campus, with the number and diversity of lichen types providing an overview of overall environmental conditions.

Keywords: Air Quality, Bioindicators, Lichens.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi lumut kerak (lichen) sebagai bioindikator pencemaran udara di area Kampus Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung. Penelitian dilakukan untuk mengevaluasi jumlah dan jenis-jenis liken yang ada serta untuk menilai kualitas udara di lingkungan kampus. Dalam penelitian ini, dilakukan pengamatan terhadap beberapa jenis lichen yang tumbuh di berbagai lokasi di kampus. Hasil pengamatan menunjukkan keberadaan beberapa jenis lichen seperti *Dirinaria sp.*, *Cryptothecia striata*, *Dirinaria picta*, dan *Diploicia canescens*. Jumlah koloni dan karakteristik morfologi masing-masing jenis lichen diidentifikasi untuk menafsirkan tingkat pencemaran udara di setiap lokasi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kampus memiliki variasi jenis lichen yang masing-masing menunjukkan toleransi terhadap kondisi lingkungan yang berbeda. Di antara jenis-jenis yang ditemukan, *Dirinaria sp.* dan *Cryptothecia striata* ditemukan dalam jumlah koloni yang relatif banyak, sementara *Dirinaria picta* menunjukkan kemampuan adaptasi yang baik meskipun ditemukan dalam jumlah yang sedikit, dan *Diploicia canescens* menandakan kondisi udara yang cukup tercemar. Dengan demikian, penelitian ini menyimpulkan bahwa lichen dapat digunakan efektif sebagai bioindikator untuk memonitor kualitas udara di sekitar kampus, dengan jumlah dan keberagaman jenis lichen yang dapat memberikan gambaran kondisi lingkungan secara keseluruhan.

Kata Kunci: Bioindikator, Kualitas Udara, Liken, Lumut Kerak.

LATAR BELAKANG

Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung merupakan sebuah universitas yang terletak di wilayah Cibiru, Bandung, Jawa Barat. Melihat dari lokasi universitas ini yaitu di daerah yang cukup sejuk dengan rentang suhu rata-rata per tahun sekitar 18°C hingga 28°C (Weather spark, 2024). Untuk mengetahui apakah udara disekitar lingkungan Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung terindikasi pencemaran polusi udara maka dapat diketahui melalui bioindikator lumut kerak (lichen)

Received: Mei 31, 2024; Accepted: Juni 24, 2024; Published: September 30, 2024

* Allifa Khoerurrahmah, allifakhoerurrahmah@gmail.com

untuk dilihat bagaimana pertumbuhan pada lumut kerak (lichen) tersebut (Pratiwi, E.P. 2006).

Penelitian mengenai penggunaan lumut kerak (lichen) sebagai bioindikator pencemaran udara telah banyak dilakukan. Lumut kerak merupakan organisme simbiosis antara alga atau cyanobacteria dengan fungi, yang memiliki kemampuan untuk menyerap nutrisi dan polutan dari atmosfer. Karena kemampuan ini, lumut kerak sangat sensitif terhadap perubahan kualitas udara dan dapat digunakan sebagai indikator biologis untuk mendeteksi keberadaan polutan udara.

Dalam konteks penelitian ini, lumut kerak dapat memberikan gambaran mengenai tingkat pencemaran udara di sekitar kampus UIN SGD Bandung. Dengan mengamati jenis dan jumlah koloni lumut kerak yang ada, kita dapat mengidentifikasi area yang memiliki kualitas udara baik maupun yang tercemar. Penelitian ini tidak hanya bermanfaat bagi lingkungan kampus, tetapi juga dapat menjadi referensi bagi masyarakat sekitar dalam menjaga dan memperbaiki kualitas udara.

KAJIAN TEORITIS

Lumut (Bryophyta) merupakan tumbuhan tingkat rendah yang dapat ditemukan dimanapun, utamanya di daratan. Lumut hidup menempel pada substratnya seperti pohon, kayu, batu, dan tanah (Rahmi dkk., 2023). Lumut kerak merupakan struktur talus yang stabil dan spesifik hasil dari asosiasi yang terjadi antara fungi dan simbiosis fotosintetik berupa alga atau cyanobacteria. Kelompok Ascomycetes dan alga banyak menyusun tubuh Lichen. Bentuk asosiasi tersebut akan meningkatkan kemampuan fungi atau alga dalam bertahan hidup ketika kondisi lingkungan kurang sesuai sebab dalam hal struktur talus, fisiologi dan sintesis senyawa kimia Lumut kerak berbeda dengan fungi atau alga penyusunnya (Ulfa dkk., 2023).

Banyaknya keanekaragaman Lumut kerak telah mencapai sekitar 15.000 jenis dan Indonesia memiliki sekitar 40.000 spesies. Lichen dapat hidup di habitat yang ekstrem, bahkan mereka mampu hidup pada permukaan benda buatan manusia. Lichen dapat menunjukkan jika lingkungan terkena polusi. Untuk mengetahui pencemaran pada udara, dapat dilihat dari pertumbuhan Lichen pada pohon atau bebatuan. Tidak terdapatnya kutikula pada Lichen membuat zat dari air hujan dan polusi udara akan diserap olehnya (Ulfa dkk., 2023).

Lumut kerak secara morfologi terlihat mirip menyerupai seperti tumbuhan lumut, namun apabila diteliti lebih lanjut lumut kerak merupakan perpaduan antara jamur dengan alga (cyanobakteria) yang dapat bersimbiosis untuk kelangsungan hidup bersama-sama, dalam pembagiannya jamur berperan sebagai perlindungan untuk alga namun tidak dapat menghasilkan energi, oleh karena itu peran alga (cyanobacteria) yang memiliki zat hijau daun atau klorofil dapat berfungsi sebagai penyedia energi dengan proses fotosintesis (Kett, Dong, Andrachuck, dan Craig dalam Roziaty, E. 2016).

Menurut Istam (2007) Lumut kerak (lichen) memiliki kemampuan sebagai penentu kualitas udara disuatu tempat, apabila udara memiliki kualitas yang buruk misalnya disebabkan adanya polutan berupa CO₂, SO₂, NO₂, serta debu-debu udara maka pertumbuhan dan keanekaragaman dari lumut kerak (lichen) akan bernilai rendah. Rentang toleransi pada lumut kerak (lichen) dapat hidup dalam lingkungan yang ekstrim, namun pada sebagian besar tidak cukup mampu terhadap polusi udara terutama dengan gas SO₂ maupun gas sisa pembuangan kendaraan bermotor maupun kawasan industri (Rasyidah, 2018).

METODE PENELITIAN

Desain penelitian : Penelitian ini menggunakan desain penelitian eksploratif untuk mengidentifikasi jenis-jenis lichen dan mengukur distribusi serta persentase koloni lichen di area kampus UIN Sunan Gunung Djati. Metode eksploratif dipilih karena penelitian ini berfokus pada pencarian dan pengenalan spesies lichen yang ada di lingkungan kampus.

Waktu dan tempat : Penelitian ini dilakukan pada tanggal Mei 2024 sampai Juni 2024 di Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung.

Penelitian dilakukan di lima lokasi yang berbeda di area kampus UIN Sunan Gunung Djati:

- Stasiun 1: Area laboratorium terpadu dan kebun biologi
- Stasiun 2: Area masjid dan perpustakaan
- Stasiun 3: Area fakultas sains dan teknologi
- Stasiun 4: Area asrama mahasiswa (Ma'had Aljamiah)
- Stasiun 5: Area depan dan rektorat kampus

Suhu udara pada saat penelitian berkisar antara 27°C – 28°C. Penelitian rata – rata dilakukan pada siang hari dengan kisaran waktu antara jam 11.00 – 14.00 WIB.

Alat dan Bahan / Instrumen :

1. Lensa tangan atau kaca pembesar
2. Penggaris atau meteran
3. Kamera digital atau smartphone
4. Buku panduan identifikasi lichen
5. Alat tulis dan formulir pencatatan data

Prosedur :

1. Pemilihan Lokasi: Menentukan lima stasiun penelitian yang representatif.
2. Peralatan dan Bahan: Menyiapkan semua peralatan dan bahan yang diperlukan seperti lensa tangan, penggaris, kamera, dan buku panduan identifikasi lichen.
3. Penentuan Pohon atau Permukaan: Memilih pohon atau permukaan lain yang akan dijadikan sampel di setiap stasiun secara acak namun representatif.
4. Pengamatan Visual: Mengamati dan mengidentifikasi koloni lichen yang terdapat di ketinggian 0,5-1 meter dari permukaan tanah.
5. Pengukuran dan Dokumentasi :
 - Mengukur diameter koloni lichen menggunakan penggaris atau meteran.
 - Menghitung koloni lichen pada pohon yang dipilih.
 - Mengambil foto setiap koloni lichen untuk dokumentasi visual.

Teknik analisis :

- Identifikasi Spesies: Spesies lichen diidentifikasi dengan membandingkan morfologi koloni dengan panduan buku atau literatur yang ada.
- Penggunaan Indeks Bioindikator: Kelimpahan dan keberadaan lichen digunakan untuk menilai kualitas udara di setiap lokasi penelitian. Lokasi dengan kelimpahan lichen yang lebih tinggi diinterpretasikan memiliki kualitas udara yang lebih baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis-Jenis Liken di Kampus UIN Sunan Gunung Djati Bandung

Lichen, atau lumut kerak, adalah organisme gabungan antara alga dan jamur yang memiliki karakteristik khusus yang membedakannya dari tumbuhan dan hewan. Lichen tumbuh secara epifit pada pepohonan, bebatuan, tempat yang lembab, dan tanah (Eastu dkk., 2018). Pertumbuhan lichen dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti suhu udara, kelembaban, dan intensitas cahaya. Lichen menunjukkan ketahanan terhadap kondisi suhu dan kelembaban yang ekstrem. Namun, perubahan lingkungan

akibat pencemaran udara dapat menghambat pertumbuhan dan kesuburan lichen. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa meskipun lichen dapat bertahan di lingkungan ekstrem, mereka sangat sensitif terhadap polusi. Banyak spesies lichen sangat rentan terhadap gas belerang (SO₂) dan emisi lainnya dari kendaraan bermotor atau kawasan industri. Oleh karena itu, lichen dapat digunakan sebagai bioindikator pencemaran udara (Ulfa dkk., 2023). Kuantitas polutan di udara yang semakin tinggi menyebabkan terhambatnya pertumbuhan lichen serta penurunan jumlah jenis yang ada (Roziaty, 2016).

Dari segi morfologi dan fisiologi, lichen terbentuk melalui simbiosis antara jamur dan alga yang membentuk satu kesatuan. Jamur dalam lichen berperan membentuk struktur tubuh lichen serta berfungsi secara fisiologis untuk menyerap air dan mineral. Sementara itu, alga dalam lichen berperan dalam proses fotosintesis. Simbiosis antara jamur dan alga ini termasuk dalam simbiosis mutualisme. Lichen juga tergolong sebagai tumbuhan perintis di lingkungannya dan berperan dalam pembentukan tanah (Ulfa dkk., 2023).

Stasiun 1

Pada stasiun 1 yang bertempat di belakang Laboratorium Terpadu UIN Sunan Gunung Djati Bandung, ditemukan jenis lichen *Dirinaria sp.* Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, *Dirinaria sp.* memiliki bentuk yang cenderung membulat dan berwarna hijau keabu-abuan.

Dirinaria sp.



Gambar 1. *Dirinaria sp.*

Dirinaria sp. merupakan salah satu spesies endemik yang berasal dari negara tropis (Abas dkk., 2019). *Dirinaria sp.* merupakan lichen yang termasuk ke dalam tipe foliose, memiliki thallus yang menyerupai daun dan kompak, serta menempel lebih longgar pada substrat dengan pinggiran yang berlekuk dan memiliki warna hijau keabu-abuan atau putih keabu-abuan. Jenis lichen ini memiliki bentuk yang tidak beraturan dan

photobiont berupa chlorophyta. *Dirinaria sp.* memiliki apotesium yang jarang terlihat. Umumnya lichen ini ditemukan pada kulit kayu bagian atas dan kayu, serta di dekat atau di sepanjang pantai. *Dirinaria sp.* dapat tumbuh juga pada bebatuan (Wahidah dkk., 2021).

Dirinaria sp. ditemukan dalam jumlah koloni yang cukup banyak yaitu 100 koloni dengan diameter 2,3 cm. Hal ini menunjukkan bahwa area ini memiliki kualitas udara yang relatif baik, mengingat liken jenis ini memerlukan kondisi udara yang bersih untuk tumbuh dengan baik.

Stasiun 2

Pada stasiun 2 yang berlokasi di sekitar masjid dan perpustakaan Kampus 1 UIN Sunan Gunung Djati Bandung, ditemukan lichen jenis *Cryptothecia striata*. *Cryptothecia striata* yang ditemukan memiliki bentuk yang membulat dengan tepian yang berwarna hijau keabu-abuan dan di tengahnya berwarna putih.

Cryptothecia striata



Gambar 2. *Cryptothecia striata*

Menurut Wahidah dkk (2021) *Cryptothecia striata* memiliki talus yang berbentuk crustose yang menempel pada substrat membentuk kerak. Thallus yang dimiliki berwarna hijau muda dengan pinggiran berwarna putih. Propagol pada permukaan talus tidak terdiferensiasi dengan baik sehingga tampak seperti titik-titik putih di atas permukaan talus. Warna thallus *Cryptothecia striata* akan semakin menggelap seiring bertambahnya umur dan karakteristiknya ditentukan oleh kondisi dan tempat tumbuhnya. Lichen ini dapat ditemukan di pohon yang teduh.

Cryptothecia striata ditemukan dalam jumlah koloni sebanyak 150-200 meskipun dengan diameter yang lebih kecil yaitu 0,9 cm. Ini mengindikasikan adanya polutan di udara, tetapi tidak dalam konsentrasi tinggi yang mematikan bagi liken.

Stasiun 3

Lumut kerak yang di temukan pada stasiun tiga dan stasiun empat merupakan satu spesies yang sama yaitu *Dirinaria picta*. Lumut kerak *Dirinaria picta* merupakan spesies lumut yang memiliki kemampuan adaptasi yang baik di berbagai lingkungan.

Dirinaria picta



Gambar 3. *Dirinaria picta*

Morfologi dari lumut *Dirinaria picta* yaitu memiliki talus yang terletak menyebar dan erat melekat pada substratnya baik dengan menempel pada batu maupun pada kulit pohon. Talusnya berbentuk stelata-radiata dengan lobus yang berdekatan dan biasanya pinnatifid hingga multifid, dengan lebar sekitar 1-1.5 mm. Lobus ini umumnya terpisah di bagian tepi, dengan ujung yang tajam hingga bulat yang tidak menyatu. Permukaan atasnya berwarna abu-abu kebiruan hingga abu-abu pucat, halus, dan kadang-kadang sedikit berdebu di ujungnya. Soralia, yang merupakan struktur reproduksi aseksual, berada di permukaan lamina, berbentuk kepala, dan tersebar jarang.

Dirinaria picta ditemukan dalam jumlah koloni sebanyak 170. Diameter koloni yang lebih besar mungkin menunjukkan adanya kemampuan liken untuk bertahan di kondisi yang lebih buruk. Menurut Huang dkk. (2017) Lumut ini banyak ditemukan di daerah tropis. Spesies ini biasanya tumbuh di kulit berbagai jenis pohon. Kemampuan sebagai bioindikator *Dirinaria picta* dimanfaatkan sebagai penentu kualitas udara apakah tercemar dengan berbagai polutan, terutama untuk mendeteksi keberadaan logam berat dari lalu lintas jalan di lingkungan perkotaan.

Menurut Nasriyati, T. dkk (2018) dalam pengamatannya menyatakan bahwa morfologi talus *Dirinaria picta* dapat berubah sesuai dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang berbeda di kota Semarang, Indonesia. Warna talus cenderung menjadi lebih gelap seiring dengan meningkatnya kepadatan lalu lintas dan bentuk talus cenderung membulat, lonjong, dan tidak beraturan mengikuti pola substrat

Peranan ekologis yang signifikan dimiliki oleh lumut kerak *Dirinaria picta* ini. Selain sebagai bioindikator kualitas udara, lumut kerak ini juga dapat berperan dalam

siklus nutrisi, yaitu dengan cara menguraikan materi organik serta dapat menyediakan nutrisi bagi tanaman lain (Maulani, R. A. 2021).

Habitat dan distribusi *Dirinaria picta* dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk jenis pohon dan karakteristik kulit pohon sebagai tempat untuk lumut tumbuh. Pohon dengan kulit yang kasar dan lebih banyak celah cenderung mendukung pertumbuhan lumut kerak karena menyediakan lebih banyak ruang bagi spora untuk berkecambah dan tumbuh (Zheng, G. 2024). Faktor Lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan paparan sinar matahari secara langsung mempengaruhi keberadaan lumut kerak. *Dirinaria picta* cenderung ditemukan di area yang lebih teduh dan lembap, yang mendukung pertumbuhan lumut kerak tersebut.

Stasiun 4

Di stasiun 4 jumlah koloni liken yang ditemukan paling sedikit yaitu sekitar 20 koloni. Ini bisa menunjukkan adanya polusi udara yang moderat di area ini. Jumlah koloni *Dirinaria picta* di area ini jauh lebih sedikit dibandingkan dengan lokasi lain, menunjukkan kualitas udara yang kurang baik. Hal ini dikarenakan di area asrama mahasiswa dekat dengan parkir yang menyebabkan banyaknya polusi dari kendaraan dan ditambah kurangnya pohon-pohonan disekitarnya.



Gambar 4. *Dirinaria picta*

Stasiun 5

Pada stasiun 5 ditemukan lumut kerak dengan jenis spesies *Diploicia canescens*. Berdasarkan pengamatan talus lichen ini memiliki struktur kompak dan sedikit berkerut. Lobus thallusnya lebar dengan tepi yang sering menggulung ke dalam. Warna talus abu-abu kehijauan. Berdiameter sekitar 1 cm. Permukaan talus tampak kasar dan tidak mengkilap, disertai dengan pseudocyphellae, yakni struktur pori-pori kecil yang berfungsi sebagai tempat keluar masuk gas. Karakteristik ini membuat *Diploicia canescens* dapat dengan mudah dikenali di habitat alaminya.

Diploicia canescens.



Gambar 5. *Diploicia canescens*

Diploicia canescens biasanya berada di permukaan batu atau kulit pohon di daerah yang terkena sinar matahari langsung dan memiliki kelembaban sedang. Hal ini sesuai dengan kondisi lingkungan di stasiun 5 yaitu di area depan rektorat kampus UIN SGD yang memiliki suhu udara sekitar 28 °C dan terkena matahari secara langsung. Terdapat 30 koloni *Diploicia canescens* yang artinya kondisi udara disini cukup tercemar. Dikarenakan sedikitnya lumut kerak yang ditemukan menandakan adanya pencemaran udara. Hal ini dikarenakan pada stasiun 5 merupakan lingkungan kampus yang banyak dilalui kendaraan masuk dan keluar gerbang kampus UIN SGD.

Diploicia canescens ditemukan dalam jumlah koloni yang sedikit yaitu 30 koloni, menunjukkan kualitas udara yang cukup buruk di area ini. *Diploicia canescens* biasanya ditemukan di area dengan polusi tinggi, menunjukkan bahwa rektorat kampus mungkin terkena polusi udara dari lalu lintas dan aktivitas lainnya.

Sebagai lichen, *Diploicia canescens* berperan penting dalam ekosistem tempatnya hidup. Nimis (2016) menyatakan bahwa lichen ini membantu dalam proses pelapukan batuan dan pembentukan tanah. Selain itu, *Diploicia canescens* juga dapat berfungsi sebagai indikator bio di habitat alami, memberikan informasi mengenai kualitas udara dan kondisi lingkungan lainnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, jenis-jenis lichen yang ditemukan antara lain, *Dirinaria sp.* dengan jumlah koloni sekitar 100 individu, *Cryptothecia striata* dengan jumlah koloni sekitar 150-200 individu, *Dirinaria picta* pada dua stasiun dengan jumlah koloni sekitar 170 individu dan 20 individu, dan *Diploicia canescens* dengan jumlah koloni sekitar 30 individu. Dengan ditemukannya beberapa jenis lichen tersebut dan karakteristiknya, dapat dikatakan kualitas udara di Kampus 1 UIN Sunan Gunung Djati Bandung sudah cukup tercemar, terutama di area yang banyak dilalui oleh kendaraan.

SARAN

Disarankan untuk meningkatkan jumlah sampel dan stasiun pengamatan guna mencakup area yang lebih luas serta menggunakan alat pengukuran kualitas udara yang lebih canggih untuk data yang lebih valid. Pengamatan berkala juga penting untuk memantau perubahan populasi lumut kerak. Penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan rumus perhitungan keanekaragaman dan melibatkan disiplin ilmu lain dan fokus pada peran lumut kerak dalam ekosistem serta keanekaragaman hayati.

DAFTAR REFERENSI

- Abas, A., Sulaiman, N., Adnan, N. R., Aziz, S. A., & Nawang, W. N. S. W. (2019). Using lichen (*Dirinaria* sp.) as bio-indicator for airborne heavy metal at selected industrial areas in Malaysia. *EnvironmentAsia*, 12(3), 85-90.
- Andrea, E. S., Zuhri, R., & Marlina, L. (2018). Identifikasi jenis lichen di kawasan objek wisata Teluk Wang Sakti. *BIOCOLONY*, 1(2), 7-15.
- Huang, X., Wang, L., Laserna, A. K. C., & Li, S. F. Y. (2017). Correlations in the elemental and metabolic profiles of the lichen *Dirinaria picta* after road traffic exposure. *Metallomics*, 9(11), 1610-1621. <https://doi.org/10.1039/c7mt00220e>
- Istam YC. (2007). Respon lumut kerak pada vegetasi pohon sebagai indikator pencemaran udara di Kebun Raya Bogor dan Hutan Kota Manggala Wana Bhakti [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Kett, A., Dong, S., Andrachuk, H., & Craig, B. (2005). Learning with lichens: Using epiphytic lichens as bioindicators of air pollution. United States: Brook University.
- Madjeni, H. D., & Bullu, N. I. (2019). Keanekaragaman lumut kerak (lichen) sebagai bioindikator pencemaran udara di Taman Wisata Alam Camplong Kabupaten Kupang. *Indigenous Biologi: Jurnal Pendidikan dan Sains Biologi*, 2(2), 65-72.
- 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.
- Nasriyati, T., Murningsih, M., & Utami, S. (2018). Morfologi talus lichen *Dirinaria picta* (Sw.) Schaer. Ex Clem pada tingkat kepadatan lalu lintas yang berbeda di Kota Semarang. *Jurnal Akademika Biologi*, 7(4), 20-27.
- Nimis, P. L. (2016). The lichens of Italy: A second annotated catalogue. EUT Edizioni Università di Trieste.
- NZPCN. (2022). *Dirinaria picta*. Retrieved June 19, 2024, from <https://www.nzpcn.org.nz/flora/species/dirinaria-picta/>

- Pratiwi, E. P. (2006). Kajian lumut kerak sebagai bioindikator kualitas udara. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Rahmi, H. A., Cahyani, H. W., & Supriatna, A. (2023). Inventarisasi keanekaragaman lumut di Kawasan Kampus 1 UIN Sunan Gunung Djati Bandung. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perkebunan*, 5(2), 72-80.
- Rasyidah, R. (2018). Kelimpahan lumut kerak (lichens) sebagai bioindikator kualitas udara di kawasan perkotaan Kota Medan. *KLOROFIL: Jurnal Ilmu Biologi dan Terapan*, 1(2), 88-92.
- Roziaty, E. (2016). Identifikasi lumut kerak (lichen) di area kampus Universitas Muhammadiyah Surakarta. In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Environmental, and Learning (Vol. 13, No. 1, pp. 770-776)*.
- Roziaty, E. (2016). Kajian lichen: Morfologi, habitat dan bioindikator kualitas udara ambien akibat polusi kendaraan bermotor. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 2(1), 54-66.
- Ulfa, S. W., Simanungkalit, A. Z., Farokhi, A. Z., Reza, E., Siregar, A., & Berutu, K. A. F. B. (2023). Identifikasi jenis lichenes yang ada di beberapa kecamatan di Kota Medan. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 3(3), 2275-2289.
- Wahidah, S., Amintarti, S., & Rezeki, A. (2021). Lumut kerak (lichen) Taman Buah Lokal Kawasan Mangrove Rambai Center. *Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin*.
- Weatherspark. (2024). Cuaca rata-rata pada bulan di Cibiru, Indonesia sepanjang tahun. Bandung. Diakses dari <https://id.weatherspark.com/y/116539/Cuaca-Rata-rata-pada-bulan-in-Cibiru-Indonesia-Sepanjang-Tahun>
- Zheng, G., Gu, J., Zhao, W., Zhang, Y., Guan, Z., Lei, M., & He, C. (2024). Spatial, geographical, climatic, and edaphic influences on moss community structure: A case study from Qinhuangdao, China. *Forests*, 15(3), 424. <https://doi.org/10.3390/f15030424>