



Identifikasi Efektivitas *Lichen Crustose sp. (Cryptochemia)* dan *Lichen Foliose sp. (Parmelia)* Sebagai Bioindikator Tingkat Pencemaran Udara

Identification Of The Effectiveness Of *Crustose Lichen sp. (Cryptochemia)* and *Foliose Lichen sp. (Parmelia)* as Bioindicators of Air Pollution Levels

Alyyah Fikrotun Nisa*, Laily Rosdiana, & Fikky Dian Roqobih

Program Studi Pendidikan IPA, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

Abstrak

Pencemaran udara masih menjadi permasalahan lingkungan yang belum teratasi hingga saat ini. Terdapat beberapa metode alternatif yang dapat diaplikasikan untuk monitoring level kualitas udara, salah satunya menggunakan bioindikator. *Lichen* dapat digunakan sebagai bioindikator sebab bersifat akumulator serta sangat adaptif pada perubahan kondisi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keefektifan *Lichen Crustose sp. (Cryptochemua)* dan *Foliose sp. (Parmelia)* sebagai bioindikator tingkat pencemaran udara. Penelitian ini memakai metode systematic review. Literatur dijadikan pilihan berdasarkan pada 3 kriteria: sesuai dengan topik, berupa artikel jurnal pada kurun waktu 5 tahun, dan berasal dari jurnal terakreditasi SCOPUS atau SINTA. Setelah proses seleksi, 6 artikel dipilih untuk diriview berdasarkan kriteria yang ditentukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk mengidentifikasi *Lichen Crustose sp. (Cryptochemua)* dan *Foliose sp. (Parmelia)* sebagai bioindikator pencemaran udara tidak cukup jika hanya mempertimbangkan banyak sedikitnya *Lichen* atau morfologi yang ditemukan. Namun juga perlu diidentifikasi spesies *Lichen*, faktor biotik, dan abiotik yang terpengaruhi agar memperoleh hasil yang efektif dan valid. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk membandingkan efisiensi tanaman *Lichen Crustose sp.* dan *Foliose sp.* sebagai bioindikator pencemaran udara dengan tanaman lainnya.

Kata kunci: *Lichen Crustose sp.*; *Lichen Foliose sp.*; Bioindikator; Pencemaran Udara

Abstract

Air pollution is still an environmental problem that has not been resolved until now. There are several alternative methods that can be applied to monitor air quality levels, one of which is using bioindicators. Lichens can be used as bioindicators because they are accumulators and are very adaptive to changes in environmental conditions. This study aims to assess the effectiveness of *Crustose sp. (Cryptochemua)* and *Foliose sp. (Parmelia)* Lichens as bioindicators of air pollution levels. This study used a systematic review method. Literature was selected based on 3 criteria: relevant to the topic, journal articles within 5 years, and from SCOPUS or SINTA accredited journals. After the selection process, 6 articles were selected for review based on the specified criteria. The results showed that to identify *Crustose sp. (Cryptochemua)* and *Foliose sp. (Parmelia)* Lichens as bioindicators of air pollution, it is not enough to only consider the number of Lichens or morphology found. However, it is also necessary to identify the affected Lichen species, biotic and abiotic factors in order to obtain effective and valid results. For future researchers, it is recommended to compare the efficiency of *Crustose sp.* and *Foliose sp.* Lichen plants as bioindicators of air pollution with other plants.

Keywords: *Crustose Lichen Sp.*; *Foliose Lichen Sp.*; Bioindicator; Air Pollution

How to Cite: Nisa, A.F., Rosdiana, L., & Roqobih, F.D. (2024). Identifikasi Efektivitas *Lichen Crustose sp. (Cryptochemia)* dan *Lichen Foliose sp. (Parmelia)* Sebagai Bioindikator Tingkat Pencemaran Udara. *Jurnal Ilmiah Biologi UMA (JIBIOMA)*, 6(2) 2024: 91-102

*E-mail: alvyahfikrotun.21063@mhs.unesa.ac.id

ISSN 2722-9777 (Online)



PENDAHULUAN

Pencemaran udara masih menjadi permasalahan lingkungan yang belum teratasi hingga saat ini. Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan yang mencemar ke ruang udara, baik dengan cara alamiah ataupun disebabkan ulah manusia yang mengakibatkan kerusakan lingkungan (Yuliani *et al.*, 2021). Hal tersebut disebabkan meningkatnya perkembangan industri dan transportasi yang berimbas pada degradasi lingkungan. Satu dari sekian sumber polusi udara yang paling signifikan dan sering terjadi, terutama di wilayah perkotaan ialah emisi transportasi. Secara global, emisi kendaraan yang memakai mesin mempunyai kontribusi pembuangan polutan terbesar di udara, yakni 44% TSP, 89% hidrokarbon, 100% Pb, serta 73% NO_x (Chandra, 2015; Fandani *et al.*, 2019). Wilayah dengan tingkat polutan tinggi tentu memberikan dampak negatif pada gangguan pernafasan manusia, khususnya bagi bayi, wanita hamil, dan lansia. Selain itu, juga berdampak pada kondisi fisiologis tanaman sehingga mengakibatkan menurunnya kualitas tanaman dan terganggunya ekosistem alami di wilayah yang mengalami pencemaran udara tersebut.

Terdapat beberapa metode alternatif yang dapat diaplikasikan untuk *monitoring* level kualitas udara, satu dari sekiranya memakai parameter biologis menggunakan bioindikator. Penggunaan bioindikator dinilai lebih efisien daripada menggunakan perangkat elektronik atau mesin untuk memantau tingkat pencemaran udara suatu wilayah (Madjeni *et al.*, 2019). Hal ini dikarenakan jika memantau tingkat pencemaran udara menggunakan perangkat elektronik atau mesin perlu mengeluarkan biaya lebih (Laksono, 2016). Selain itu, juga belum tersebar merata di setiap wilayah di Indonesia. Oleh karena itu, penting adanya metode alternatif yang lebih ekonomis serta dapat diandalkan untuk memantau kualitas udara suatu wilayah yaitu metode bioindikator.

Bioindikator merupakan organisme atau respon biologis yang dapat dipakai dengan tujuan mengidentifikasi serta menentukan kualitatif faktor lingkungan (Hasairin *et al.*, 2015). Tumbuhan bisa dipakai sebagai bioindikator. Spesies tumbuhan yang dapat dimanfaatkan sebagai bioindikator nantinya akan menunjukkan perubahan keadaan, daya tahan, dan bereaksi sebagai akibat dari berubahnya keadaan lingkungan yang akan menghadirkan informasi terkait tingkat pencemaran udara di suatu wilayah (Nailufa *et al.*, 2021).

Lichen ialah satu dari sekian organisme yang bisa digunakan sebagai bioindikator sebab *Lichen* mempunyai sifat akumulator serta sangat adaptif pada perubahan kondisi lingkungan (Suniyanti *et al.*, 2022). Kedua sifat tersebut berkaitan dengan kemampuan yang dipunya dalam melaksanakan akumulasi partikel-partikel terlarut di udara sehingga menjadikan keberadaan *Lichen* sangat bergantung pada kondisi lingkungannya. *Lichen* adalah organisme yang hidupnya bersimbiosis terhadap jamur (*mycobuont*) serta ganggang maupun *Cyanobacterium* (Rohim *et al.*, 2024).

Lichen juga memiliki tingkat sensitifitas yang berbeda dengan jenis polutan, di mana spesies *Lichen* yang toleran tersebut bisa bertahan hidup di kondisi lingkungan yang mempunyai mayoritas polutan daripada spesies yang sensitif (Lusiana *et al.*, 2018). Perbedaan tingkat sensitifitas *Lichen* tersebut dapat berdampak untuk menentukan tingkat polusi udara di wilayah. Struktur morfologi *Lichen* yang tanpa memiliki kutikula, stomata, serta organ penyerap, menjadikannya mudah bertahan hidup di keadaan lingkungan yang ekstrim disertai keadaan udara sudah mengalami pencemaran. Pada beberapa penelitian juga mengemukakan bahwa *Lichen* dapat dijadikan sebagai indikator pencemaran udara, di mana semakin banyak jenis dan jumlah *Lichen* di suatu wilayah, maka dapat diketahui bahwa wilayah tersebut memiliki tingkat polusi yang rendah dan begitupun sebaliknya (Susilawati, 2017).

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ramadhani *et al.*, (2022) membandingkan pertumbuhan dan morfologi *Lichen* di wilayah yang padat lalu lintas serta sepi lalu lintas. Hasil kajian tersebut menunjukkan bahwa di wilayah sepi lalu lintas, spesies *Lichen* lebih banyak ditemukan (diantaranya *Crustose sp.*, *Leprose sp.*, dan *Foliose sp.*), warna talus lebih cerah, dan ukuran diameter lebih besar daripada di wilayah padat lalu lintas. Perbedaan jenis serta morfologi *Lichen* pada dua wilayah ini dipengaruhi karena kualitas lingkungan yang selaras dengan pengukura penyebab kepadatan lalu lintas serta lingkungannya. Hal ini membuktikan jika *Lichen* bisa dijadikan bioindikator tingkat pencemaran udara.

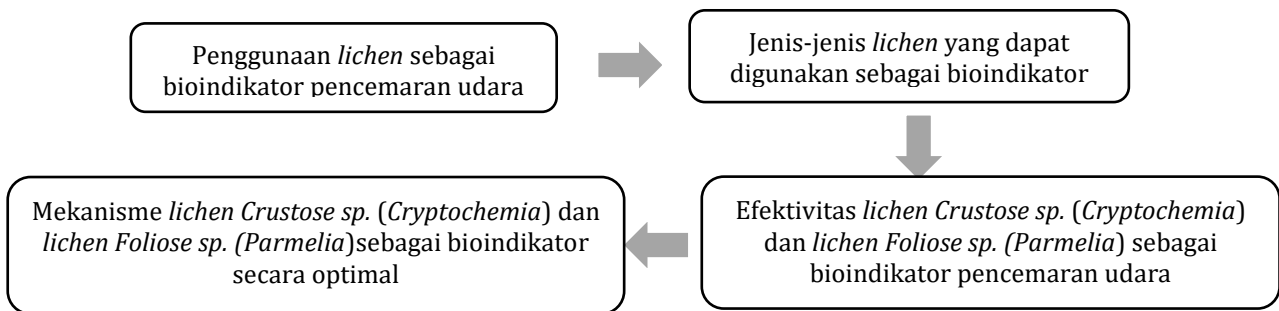
Berdasarkan latar belakang tersebut, dalam penelitian yang dilaksanakan akan mengkaji temuan terdahulu tentang efektivitas *Lichen Crustose sp.* (*Cryptochemia*) dan *Lichen Foliose sp.* (*Parmelia*) sebagai bioindikator pencemaran udara serta mekanismenya sebagai bioindikator secara optimal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2024. Jenis penelitian ini ialah penelitian memakai metode *systematic review* yang dilaksanakan dengan menelaah ciri yang ditentukan secara terstruktur dengan tujuan memahami *evidence base* (Quevedo *et al.*, 2023). Data penelitian yang dipakai di penelitian ini yakni data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari hasil studi literatur yang berkaitan dengan topik penelitian yang dibahas untuk mendapatkan informasi dan wawasan lebih mengenai efektivitas *Lichen Crustose sp. (Cryptochemia)* dan *Lichen Foliose sp. (Parmelia)* sebagai bioindikator pencemaran udara serta mekanismenya sebagai bioindikator secara optimal.

Prosedur Pencarian Artikel

Pencarian artikel hasil penelitian dilakukan beberapa aspek berikut, diantaranya:

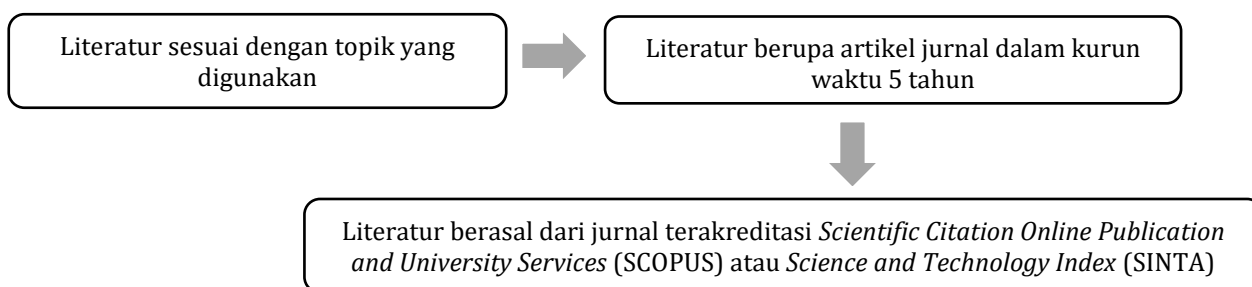


Gambar 1. Prosedur Pencarian Artikel

Adapun kata kunci yang dipakai pada pencarian literatur ialah pencemaran udara, bioindikator, dan *Lichen*. Proses pengumpulan literatur dimulai dengan menentukan kata kunci yang sesuai dengan topik penelitian guna memudahkan pencarian literatur. Kemudian peneliti melakukan evaluasi terhadap hasil pencarian literatur lalu menganalisisnya.

Kriteria Artikel

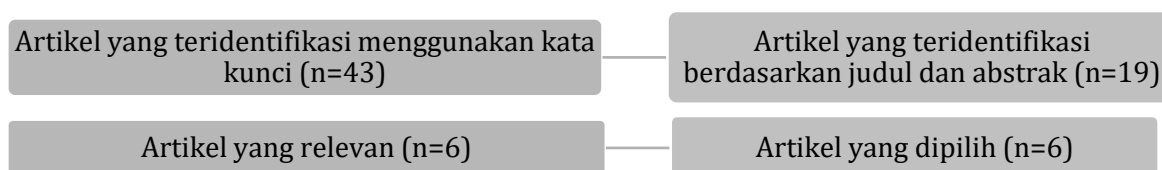
Literatur-literatur yang muncul dengan kata kunci yang telah disebutkan di atas akan dipilih berdasarkan kriteria tertentu yang ditetapkan peneliti. Sehingga terpilihlah 6 artikel dijadikan sumber serta acuan pada penelitian ini. Adapun karakteristik artikel yang ditetapkan peneliti, antara lain:



Gambar 2. Karakteristik Artikel

Hasil Pencarian Artikel

Hasil pencarian artikel dari jurnal yang ditentukan dan dengan kata kunci yang telah disebutkan di atas diperoleh 43 artikel yang sudah diterbitkan. Tahap berikutnya, dilaksanakan dengan cek judul serta abstrak di tiap-tiap artikel yang sudah dilaksanakan identifikasi maka diperoleh 19 artikel. Seusai dilaksanakan review diperoleh 6 artikel yang relevan dengan topik penelitian ini dan memenuhi syarat kriteria artikel yang telah ditetapkan. Adapun tahapan serta proses *skrining* artikel dari identifikasi hingga penentuan artikel bisa disajikan sebagai berikut (Gambar 3).



Gambar 3. Proses *Skrining* Artikel

Artikel Jurnal yang Diriview

Jurnal penelitian yang diriview pada penelitian ini akan dijabarkan secara ringkas pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Penelitian yang Relevan

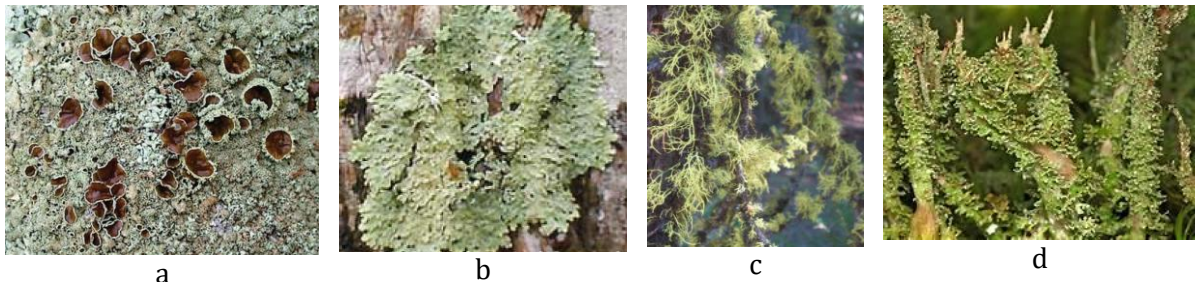
Penulis & Tahun	Judul	Hasil	Jurnal
(Tangahu, 2020)	<i>The Lichen Type Identification as a Bioindicator of Air Quality of Sukolilo District in Surabaya, Indonesia</i>	Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terdapat 2 jenis <i>Lichen</i> yang teridentifikasi di Kec. Sukolilo, yakni <i>Lichen Crustose</i> dan <i>Foliose</i> dengan rata-rata ukuran 4-6 cm sehingga dapat diketahui bahwa kualitas udara berdasarkan keberadaan <i>Lichen</i> tergolong buruk dan kualitas udara berdasarkan ukuran <i>Lichen</i> tergolong sedang.	<i>Technology Reports of Kansai University</i>
(Fandani <i>et al.</i> , 2019)	Tingkat Pencemaran Udara di Desa Silo dan Pace, Kec. Silo, Kab. Jember dengan Menggunakan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat pencemaran udara di desa Silo lebih tinggi dibandingkan di desa Pace dan perkebunan Pace. Desa Silo mempunyai nilai IAP lebih rendah sebesar 10,58 sedangkan di dua stasiun lainnya sebesar 30,48 serta 81,28. Pencemaran udara yang tinggi itu dikarenakan	<i>Berkala Sainstek</i>

Penulis & Tahun	Judul	Hasil	Jurnal
	<i>Lichen</i> sebagai Bioindikator	oleh volume kendaraan bermotor yang tinggi yang lewat jalan di desa Silo (2.530 smp/jam/lajur).	
(Ramadhani <i>et al.</i> , 2022)	<i>Lichen</i> sebagai Bioindikator Kualitas Udara di Kecamatan Jebres Kota Surakarta	Hasil penelitian menunjukkan bahwa di wilayah sepi lalu lintas, spesies <i>Lichen</i> lebih banyak ditemukan (diantaranya <i>Crustose sp.</i> , <i>Leptose sp.</i> , dan <i>Foliose sp.</i>), warna talus lebih cerah, dan ukuran diameter lebih besar daripada di wilayah padat lalu lintas. Perbedaan jenis dan morfologi <i>Lichen</i> di kedua wilayah tersebut dipengaruhi oleh kualitas lingkungannya yang didukung dengan pengukura faktor kepadatan lalu lintas dan lingkungannya.	<i>Jurnal Ilmu Lingkungan</i>
(Kurniasih <i>et al.</i> , 2020)	Potensi Liken sebagai Bioindikator Kualitas Udara di Kawasan Sentul Bogor	Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 9 jenis liken dengan 2 jenis tipe tallus, yakni Foliose serta Crustose. Tipe tallus Crustose terbanyak ada dibandingkan tipe tallus Foliose. Dari total individu yang didapatkan, jenis <i>Parmelia</i> (9 individu) tersedikit serta hanya didapatkan di lokasi B serta C, sedangkan jenis <i>Cryptochenia effusa</i> terbanyak (126 individu) serta terdapat di seluruh tempat pengamatan. Selain itu, jenis <i>Parmelia</i> terbanyak melaksanakan akumulasi jenis logam Pb serta Cr daripada jenis <i>Crythocenia</i> serta <i>Physcia</i> maka jenis <i>Parmelia</i> bisa dipakai menjadi bioindikator untuk memahami kualitas udara di Kawasan Sentul Eco Edu Tourism Forest Bogor.	<i>Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa</i>
(Roziaty <i>et al.</i> , 2021)	Keanekaragaman <i>Lichen</i> sebagai Bioindikator Kualitas Udara di Kawasan Kota Surakarta, Jawa Tengah	<ul style="list-style-type: none"> - Ditemukan 12 spesies <i>Lichen</i> yang berasal dari 7 famili diantaranya <i>Parmelia tiliacea</i> (Hoffm) Hale, <i>CanoParmelia texana</i> (tuck.) Elix & hale, <i>Parmelia sp.</i>, berasal dari famili <i>Parmeliaceae</i>. Spesies <i>Cryptotechia striata</i> G.Thor, <i>Cryptotechia scripta</i> G.Thor, <i>Arthonia radiate</i> (Pers) Ach, berasal dari famili Arthoniaceae. Fee D. Awasthi & M.R. Agarwal berasal dari Famili Caliciaceae. Spesies <i>Lepraria lobificans</i> Nyl berasal dari famili Stereocaulaceae. Spesies <i>Lecanora symmicta</i> (Ach) Ach., <i>Lecanora subimmergens</i> Vain, berasal dari famili Lecanoraceae. Spesies <i>Pyrenula nitida</i> (Weigel) Ach berasal dari famili Pyrenulaceae. Spesies <i>Graphis scripta</i> (L) Ach. berasal dari famili Graphidaceae. - Nilai indeks keanekaragaman (H') <i>Lichen</i> di Kecamatan Jebres, Surakarta, Jawa Tengah tergolong sedang, yakni 1,92 yang menampilkan tingkat keanekaragaman pada golongan sedang. 	<i>Bioeksperimen</i>
(Anggraini <i>et al.</i> , 2021)	<i>Lichen</i> sebagai Bioindikator Pencemaran Udara di Gerbang Kota (<i>Gateway</i>) Kota Jambi	<ul style="list-style-type: none"> - Hasil pengamatan menunjukkan bahwa di tempat Aurduri 2 tergolong tempat padat lalu lintas rendah dengan rata-rata 18.509 kendaraan/hari. Tempat dengan kepadatan lalu lintas sedang yakni Paal 10 dengan rata-rata 31.941 kendaraan/hari. Kepadatan lalu lintas kendaraan paling tinggi yakni Simpang Rimbo dengan rata-rata 45.041 kendaraan/hari. - Konsentrasi logam Pb tertinggi dalam <i>Lichen</i> ada di Aurduri 2 bernilai logam Pb sebesar 3,01 ppm serta yang paling rendah di lokasi Simpang Rimbo sebesar 2,31 ppm. 	<i>Jurnal Daur Lingkungan</i>

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lichen merupakan tumbuhan yang memiliki kepekaan terhadap kualitas udara suatu wilayah. *Lichen* mempunyai kepekaan pada polutan karena *Lichen* tidak mempunyai lilin serta kutikula yang mempunyai peran untuk melindungi sel-sel (struktur dalam) sehingga polutan mudah diserap oleh klorofil *Lichen* serta merusak jaringan *Lichen*. Apabila kualitas udara suatu wilayah mengalami penurunan, maka sebagian besar jenis *Lichen* juga akan menghilang akibat peningkatan konsentrasi polusi udara. Hal ini dikarenakan dengan adanya pencemaran di udara mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan *Lichen* sehingga terjadilah penurunan total jenis *Lichen* yang dapat dijadikan bioindikator pencemaran udara (Roziaty & Aini, 2023).

Menurut Roziaty (2016), *Lichen* dibedakan menjadi 3 kategori berdasarkan habitatnya, diantaranya (1) Saxicolous, ialah *Lichen* yang tumbuh di batu/cadas di suhu dingin; (2) Corticolous, ialah *Lichen* yang tumbuh di pohon dan mempunyai peran sebagai epifit, sebagian besar di daerah tropis serta subtropis; dan (3) Terricolous, ialah *Lichen* yang tumbuh di atas permukaan tanah.



Gambar 4. Jenis *Lichen* sp. Berdasarkan Morfologi. a) Crustose; b) Foliose, c) Fruticose, d) Cladonia-Squamulose (Muvidha, 2020)

Menurut Muvidha (2020), klasifikasi morfologi *Lichen* dibedakan menjadi 4 jenis, diantaranya: (1) Thalus Crustose *Lichen*, merupakan *Lichen* yang mempunyai thallus dengan ukuran kecil, tipis, datar, serta melekat pada permukaan batu, kulit pohon, atau tanah. Contohnya *Haematomma puniceum*, *Graphis scripta*, *Acrospora* atau *pleopsidium*, dan lain sebagainya; (2) Thalus Foliose *Lichen*, merupakan *Lichen* dengan struktur seperti daun yang tersusun oleh lobus-lobus serta melekat pada batu dan ranting dengan rhizin, di mana rhizin tersebut berperan menjadi alat mengabsorpsi makanan. Contohnya *Parmelia*, *Xantoria*, *Physicia*, dan lain-lai; (3) Fruticose *Lichen*, merupakan *Lichen* dengan thallus

berupa semak dan bercabang dengan bentuk seperti pita. *Lichen* jenis ini tumbuh tegak atau menggantung pada batu, dedaunan, atau cabang pohon. Contohnya *Usnea*, *Ramalina*, serta lain-lain. (4) *Cladonia-Squamulose Lichen*, merupakan *Lichen* yang mempunyai lobus-lobus layaknya sisik yang dikenal *squamulus*, umumnya mempunyai ukuran kecil serta bertindihan. Dari keempat jenis morfologi *Lichen* terdapat tiga jenis *Lichen* yang bisa dipakai menjadi bioindikator tingkat pencemaran udara suatu wilayah, yakni *Crustose*, *Foliose*, serta *Fruticose*. *Crustose* dan *Foliose* masih sedikit mentoleransi pencemaran udara, sedangkan *Fruticose* menjadi jenis *Lichen* tersensitif dengan pencemaran udara.

Penelitian oleh Tangahu (2020), Fandani *et al.*, (2019), Ramadhani *et al.*, (2022), Kurniasih *et al.*, (2020), Roziaty *et al.*, (2021), dan Anggraini *et al.*, (2021) telah menunjukkan bahwa beberapa jenis *Lichen* memiliki kemampuan untuk menjadi bioindikator tingkat pencemaran udara suatu wilayah. Hasil *literature review* pada penelitian Tangahu (2020) menunjukkan bahwa di kecamatan Sukolilo, Surabaya yang dilakukan di tujuh kelurahan (Klampis Ngasem, Menur Pumpungan, Nginden Jangkungan, Gebang Putih, Semolowaru, Medokan Semampir, dan Keputih). Penelitian tersebut menggunakan indikator yang dikembangkan oleh Gilbert (dalam Tangahu, 2020) dengan indeks sebagai berikut.

Tabel 2. Indikator Kualitas Udara Berdasarkan Keberadaan *Lichen sp.*

Indeks	Keterangan
1	Kualitas udara sangat buruk dan konsentrasi SO ₂ sangat tinggi
3	Kualitas udara buruk dan konsentrasi SO ₂ tinggi
6	Transisi ke kualitas udara yang baik dan konsentrasi SO ₂ sedang
9	Kualitas udara yang baik dan konsentrasi SO ₂ rendah
10	Kualitas udara sangat baik dan tidak ada emisi SO ₂

Hasil penelitian tersebut hanya ditemukan 38 jenis *Crustose Lichen* dan 3 jenis *Foliose Lichen* dengan rata-rata indeks 3,14 dan rata-rata ukuran 4-6 cm. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan pemahaman bahwa pencemaran udara di kecamatan Sukolilo, kota Surabaya tergolong tinggi.

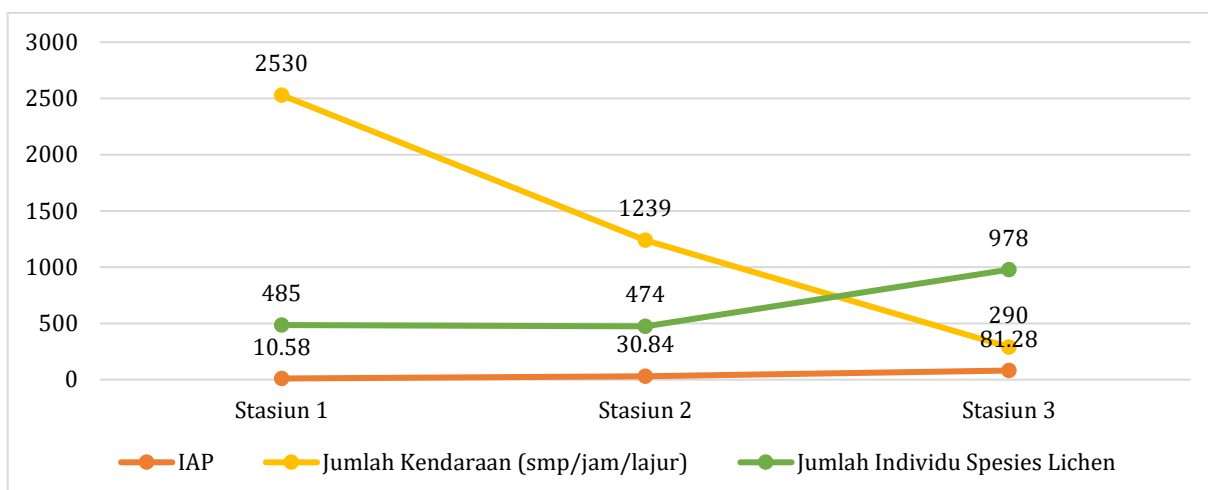
Hasil *literature review* pada penelitian Fandani *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa pada stasiun 1 (kec. Silo) ditemukan 21 jenis *Lichen*, di stasiun 2 (desa Pace) ditemukan 14 jenis *Lichen*, serta di stasiun 3 (perkebunan Pace) ditemukan 14 jenis *Lichen*. Perbedaan jumlah *Lichen* yang ditemukan di tiap stasiun dikarenakan beberapa faktor, yaitu kemampuan

adaptasi *Lichen* pada kondisi lingkungan dan jumlah kendaraan di stasiun tersebut. Penelitian tersebut menggunakan kriteria IAP (*Index of Atmospheric Purify*) dengan kriteria sebagai berikut.

Tabel 3. Kriteria IAP

Tingkat Polutan	Kriteria	Keterangan
Level A	$0 \leq IAP \leq 12,5$	Polusi sangat tinggi
Level B	$12,5 < IAP \leq 25$	Polusi tinggi
Level C	$25 < IAP \leq 37,5$	Polusi sedang
Level D	$37,5 < IAP \leq 50$	Polusi rendah
Level E	$IAP > 50$	Polusi sangat rendah

Hasil penelitian tersebut didapatkan pada stasiun 1 tingkat polutan level A dengan nilai IAP 10,58 sehingga dapat disimpulkan polusi di stasiun 1 sangat tinggi, pada stasiun 2 tingkat polutan level C dengan nilai IAP 30,84 sehingga dapat disimpulkan polusi di stasiun 2 sedang, dan pada stasiun 3 tingkat polutan level E dengan nilai IAP 81,28 sehingga dapat disimpulkan polusi di stasiun 3 sangat rendah.



Gambar 5. Hubungan Nilai IAP, Jumlah Kendaraan, dan Jumlah Individu Spesies *Lichen*

Stasiun 1 memiliki nilai IAP sangat rendah yang menandakan bahwa polusi pada stasiun 1 sangat tinggi. Berdasarkan hasil perhitungan jumlah kendaraan menunjukkan bahwa jumlah kendaraan yang melewati stasiun 1 paling banyak daripada stasiun 2 dan 3, yaitu 2.530 smp/jam/lajur. Selain itu, total spesies *Lichen* pada stasiun 1 juga paling sedikit daripada stasiun 3 yakni sebesar 485. Stasiun 2 memiliki nilai IAP lebih tinggi dibandingkan nilai IAP stasiun 1 yang menandakan bahwa polusi pada stasiun 2 tergolong

sedang. Berdasarkan hasil perhitungan jumlah kendaraan menunjukkan bahwa jumlah kendaraan yang melewati stasiun 2 lebih sedikit daripada stasiun 1, yaitu 1.239 smp/jam/lajur. Selain itu, total spesies *Lichen* pada stasiun 2 lebih sedikit daripada stasiun 1 dan 3 yakni sebesar 474. Stasiun 3 memiliki nilai IAP lebih tinggi dibandingkan nilai IAP stasiun 1 dan 2 yang menandakan bahwa polusi pada stasiun 3 tergolong sangat rendah. Berdasarkan hasil perhitungan jumlah kendaraan menunjukkan bahwa jumlah kendaraan yang melewati stasiun 3 lebih sedikit daripada stasiun 1 dan 2, yaitu 290 smp/jam/lajur. Selain itu, total spesies *Lichen* pada stasiun 3 juga paling banyak daripada stasiun 1 dan 2 yakni sebesar 978. Berdasarkan hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa perbedaan jumlah spesies *Lichen* yang ditemukan pada tiap stasiun dipengaruhi oleh kemampuan adaptasi masing-masing jenis *Lichen* terhadap kondisi lingkungannya.

Begitupula dengan hasil *literature review* pada penelitian Ramadhani *et al.*, (2022) dengan melakukan perbandingan banyaknya jenis *Lichen* yang ditemukan di wilayah padat lalu lintas (jalan Ir. Juanda) dengan wilayah sepi lalu lintas (jalan di kawasan kampus Universitas Sebelas Maret). Total spesies *Lichen* di wilayah sepi lalu lintas lebih banyak (9 spesies) dibandingkan di wilayah padat lalu lintas (5 spesies). Selain itu, jumlah individu masing-masing spesies di wilayah sepi lalu lintas sebesar 1.073 individu sedangkan di wilayah padat lalu lintas sebesar 472 individu. Selain karena kepadatan lalu lintas, faktor lingkungan juga mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan *Lichen*. Faktor lingkungan tersebut meliputi suhu, kelembaban udara, dan intensitas cahaya. Jumlah spesies maupun individu *Lichen* di jalan kawasan kampus UNS lebih banyak dibandingkan di jalan Ir. Juanda. Selain karena kepadatan lalu lintas, di jalan kawasan kampus UNS juga terdapat banyak pohon rindang. Pohon rindang akan menghasilkan banyak oksigen, suhu lebih rendah, kelembaban tinggi, dan intensitas cahaya rendah. Oleh karena itu, *Lichen* akan mudah untuk tumbuh dan berkembang. Selaras dengan pernyataan Rasyidah (2018) bahwa banyaknya *Lichen* yang ditemukan di suatu wilayah menandakan bahwa wilayah tersebut memiliki iklim udara yang baik.

Hasil *literature review* pada penelitian Kurniasih *et al.*, (2020) yang dilakukan di kawasan Sentul, kabupaten Bogor menampilkan adanya beberapa jenis *Lichen* yang sensitif dan toleran dengan tingkat pencemaran udara suatu wilayah. Penelitian tersebut menggunakan analisis kandungan logam berat yakni timbal (Pb) dan kromium (Cr)

menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Hasilnya *Lichen* jenis *Foliose* (*Parmelia* dan *Physcia*) lebih mampu mengakumulasi logam berat jenis Pb dan Cr daripada jenis *Crustose* (*Cryptochemia*) sehingga *Foliose* tergolong *Lichen* yang sensitif terhadap tingkat pencemaran udara dan dapat dijadikan sebagai bioindikator untuk mengetahui kualitas udara suatu wilayah.

Hasil *literature review* dalam penelitian yang dilaksanakan oleh Roziaty *et al.*, (2021) justru berbanding terbalik dengan hasil penelitian yang dilakukan Kurniasih *et al.*, (2020). Hasil penelitian Roziaty *et al.*, (2021) yang dilakukan di kawasan kota Surakarta menunjukkan bahwa jenis *Lichen* yang sensitif dengan tingkat pencemaran udara adalah *Lichen* jenis *Crusto*

SIMPULAN

Berdasarkan *literature review* di jurnal penelitian yang dilaksanakan tentang efektivitas *Lichen Crustose sp. (Cryptochemia)* dan *Lichen Foliose sp. (Parmelia)* sebagai bioindikator tingkat pencemaran udara suatu wilayah dapat disimpulkan bahwa untuk mengidentifikasi *Lichen Crustose sp. (Cryptochemia)* dan *Lichen Foliose sp. (Parmelia)* sebagai bioindikator pencemaran udara perlu diidentifikasi seluruh faktor yang terpengaruhi, diantaranya jenis spesies dan faktor biotik serta abiotik. *Lichen Crustose sp.* dan *Foliose sp.* terdiri dari beberapa spesies. Adapun faktor biotik meliputi morfologi, fisiologi, umur, substrat, dan tutupan di sekitar *Lichen*. Sedangkan faktor abiotik meliputi suhu, kelembapan, volume kendaraan, dan kecepatan angin suatu wilayah serta jangka waktu *Lichen* terjangkit logam berat dan kadar logam. Dengan demikian dapat diketahui tingkat pencemaran udara di suatu wilayah tersebut dengan efektif dan valid. Bagi peneliti selanjutnya, lebih baik untuk melaksanakan penambahan perbandingan efisiensi tanaman *Lichen Crustose sp. (Cryptochemia)* dan *Lichen Foliose sp. (Parmelia)* sebagai bioindikator pencemaran udara dengan tanaman lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, F. J., Oktapiani, R. R., Ilfan, F., & Rodhiyah, Z. (2021). *Lichen* sebagai Bioindikator Pencemaran Udara di Gerbang Kota (Gateway) Kota Jambi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 4(1), 6. <https://doi.org/10.33087/daurling.v4i1.61>
- Chandra, R. H. (2015). Akumulasi timbal (Pb) dan keanekaragaman jenis *Lichenes* di Taman Kota Medan. *BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*, 2(1), 23-37.

- Fandani, S. T., 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>
- Hasairin, A., Pasaribu, N., Sudirman, L. I., & Widhiastuti, R. (2015). Accumulation of Lead (Pb) in the Talus *Lichenes* Contained in Mahogany Tree Stands of Roadside of Medan City. *Environment and Pollution*, 4(1), 19–28. <https://doi.org/10.5539/ep.v4n1p19>
- Kurniasih, S., Prasaja, D., & Ayu Lestari, A. (2020). Potensi Liken Sebagai Bioindikator Kualitas Udara Di Kawasan Sentul Bogor. *Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, 6(1), 17–24. <http://doi.org/10.20886/jped.2020.6.1.17-24>
- Laksono, A. (2016). *Identifikasi Jenis Lichen sebagai Bioindikator Kualitas Udara di Kampus Institut Agama Islam Negeri Raden Intan Lampung*. Institut Agama Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Lusiana, Jamhari, M., & Tangge, L. (2018). Keanekaragaman jenis *Lichen* di erkebunan kakao Desa Sejahtera Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi dan pemanfaatannya sebagai sumber belajar. *Journal Of Biology Science and Education (JBSE)*, 6(1), 185–190. <http://jurnal.fkip.untad.ac.id>
- Madjeni, H., Hendrik, A. C., & Bullu, N. I. (2019). Keragaman Lumut Kerak (Liken) sebagai Bioindikator Pencemaran Udara di Taman Wisata Alam Camplong Kabupaten Kupang. *Jurnal Pendidikan Dan Sains Biologi*, 2(2), 65–72.
- Muvidha, A. (2020). *Lichen di Jawa Timur* (E. Setyowati (ed.)). Akademia Pustaka.
- Nailufa, L. E., Laelasari, I., Fitriani, M., & Paramadina, A. (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>
- Quevedo, J. M. D., Lukman, K. M., Ulumuddin, Y. I., Uchiyama, Y., & Kohsaka, R. (2023). Applying the DPSIR framework to qualitatively assess the globally important mangrove ecosystems of Indonesia: A review towards evidence-based policymaking approaches. *Marine Policy*, 147(October 2022), 105354. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105354>
- Ramadhani, R. W., Salsabila, N., & Mumpuni, K. E. (2022). *Lichen* Sebagai Bioindikator Kualitas Udara Di Kecamatan Jebres Kota Surakarta. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(2), 207. <https://doi.org/10.31258/jil.16.2.p.207-221>
- Rasyidah. (2018). Kelimpahan Lumut Kerak (*Lichens*) sebagai Bioindikator Kualitas Udara di Kawasan Perkotaan Kota Medan. *Jurnal Klorofil*, 1(2), 88–92. <https://jurnal.uinsu.ac.id/index.php/klorofil/article/viewFile/1601/1288>
- Rohim, R., Musthofa, M. H., Noerdin, I., Supriatna, A., Biologi, P. S., Sains, F., Teknologi, D., Islam, U., Sunan, N., Bandung, G. D., Pengajar, S., Stady, P., Sains, F., Teknologi, D., Islam, U., Sunan, N., & Djati, G. (2024). *Morfologi Tipe Talus Lichen Sebagai Bioindikator Pencemaran Udara di Taman Bundaran Cibiru Desa Cipadung Kecamatan Cibiru Kota Bandung*. 2(4).
- 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>
- Roziaty, E., & Aini, L. (2023). Keragaman Lumut Kerak sebagai Bioindikator Kualitas Hutan di Kawasan Cemoro Sewu Magetan Jawa Timur. *Bioscientiae*, 20(2), 95–101.
- Roziaty, E., Santhyami, S., Kusumadhani, A. I., & Asy'ari, M. I. B. (2021). Keanekaragaman *Lichen* Sebagai Bioindikator Kualitas Udara Di Kawasan Kota Surakarta, Jawa Tengah. In *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi* (Vol. 7, Issue 2, pp. 66–73). <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v7i2.16523>
- Suniyanti, S., Mahrus, M., & Mertha, I. G. (2022). The Diversity of *Lichens* in The Tourist Area of The Stokel Waterfall Central Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(2), 660–667. <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i2.3586>
- Susilawati, P. R. (2017). Fructicose dan Foliose *Lichen* di Bukit Bibi, Taman Nasional Gunung Merapi. *Jurnal Penelitian*, 21(1), 12–21.
- Tangahu, B. (2020). The *Lichen* Type Identification as a Bioindicator of Air Quality of Sukolilo District The *Lichen* Type Identification as a Bioindicator of Air Quality of Sukolilo District In Surabaya , Indonesia. *Technology Reports of Kansai University*, 62(April), 743.
- Yuliani, R., Imaningsih, W., & Yuwati, T. (2021). *Lichen* as Bioindicator of Air Quality at Buffer Zone of Banjarbaru Town. *Jurnal Galam*, 2, 54–65. <https://doi.org/10.20886/glm.2021.2.1.54-65>