

ARTIKEL

PEMANFAATAN KEANEKARAGAMAN JENIS LICHEN DI KOTA PEKANBARU SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS UDARA

[*Utilization of Lichen Species Diversity in Pekanbaru City as Bioindicators of Air Quality*]

Fitra Suzanti*, Nursal, Salsabila Rika Apriliani

Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Riau, Kampus Bina Widya Km 12,5, Kota Pekanbaru, Riau 28293.

ABSTRAK

Lichen memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi keanekaragaman jenisnya. Kota Pekanbaru yang mengalami peningkatan jumlah kendaraan bermotor setiap tahunnya menyebabkan meningkatnya emisi gas yang dilepaskan ke udara. Hal tersebut berpotensi menurunkan keanekaragaman jenis lichen yang terdapat di Kota Pekanbaru. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kualitas udara di Kota Pekanbaru dengan memanfaatkan lichen sebagai bioindikator. Pemilihan lokasi penelitian dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling* yang terdiri dari 4 stasiun pengamatan berdasarkan tingkat volume kendaraan. Stasiun pengamatan dengan volume kendaraan bermotor tertinggi berada di Jalan Sudirman, volume kendaraan sedang di Jalan Arifin Ahmad, volume kendaraan rendah di Jalan Labersa, dan volume kendaraan sangat rendah di Hutan Kota Pekanbaru. Pengumpulan data dilakukan dengan mengambil sampel lichen pada 10 pohon di setiap stasiun yang terdapat di Kota Pekanbaru dengan menggunakan metode plot. Analisis data secara kuantitatif dilakukan dengan metode menghitung indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') dan indeks kemurnian atmosfer (IAP). Nilai H' dan IAP terendah terdapat di Jalan Sudirman dengan volume kendaraan tertinggi. Sedangkan, Nilai H' dan IAP tertinggi terdapat di Hutan Kota Pekanbaru dengan volume kendaraan terendah. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara keanekaragaman lichen dengan tingkat kualitas udara.

Kata Kunci: Keanekaragaman, Lichen, Bioindikator, Kualitas Udara

ABSTRACT

Lichens are highly sensitive to changes in environmental conditions that can affect their diversity. The city of Pekanbaru, which has seen an increase in the number of motor vehicles every year, has led to an increase in gas emissions released into the air. This has the potential to reduce the diversity of lichens found in the city of Pekanbaru. This study aims to determine the air quality in the city of Pekanbaru by using lichens as bioindicators. The research locations were selected using purposive sampling, consisting of four observation stations based on vehicle volume. The observation station with the highest motor vehicle volume was on Sudirman Street, moderate vehicle volume on Arifin Ahmad Street, low vehicle volume on Labersa Street, and very low vehicle volume in Pekanbaru City Forest. Data collection was conducted by taking lichen samples from 10 trees at each station in Pekanbaru City using the plot method. Quantitative data analysis was performed using the Shannon-Wiener diversity index (H') and the atmospheric purity index (IAP). The lowest H' and IAP values were found on Jalan Sudirman with the highest vehicle volume. Meanwhile, the highest H' and IAP values were found in Pekanbaru City Forest with the lowest vehicle volume. This indicates a correlation between lichen diversity and air quality levels.

Keywords: Diversity, Lichen, Bioindicator, Air Quality

PENDAHULUAN

Kota Pekanbaru yang merupakan ibu kota Provinsi Riau termasuk salah satu kota di Indonesia dengan peningkatan jumlah kendaraan yang tinggi. Menurut data BPS Provinsi Riau (2023), jumlah kendaraan bermotor di Kota Pekanbaru selalu mengalami peningkatan dari tahun 2016-2022 dengan persentase 19% per tahun. Total jumlah kendaraan bermotor pada tahun 2022 di Kota Pekanbaru berjumlah 888.420 unit kendaraan yang terdiri dari mobil penumpang, bus, truk, dan sepeda motor.

Peningkatan volume kendaraan bermotor di jalan raya dapat berdampak terhadap besarnya emisi gas buang kendaraan bermotor yang dihasilkan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sasmita *et al.* (2022) di Jalan Sudirman Kota Pekanbaru menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara jumlah kendaraan bermotor dengan emisi gas yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah kendaraan pada suatu titik maka kecepatan kendaraan akan semakin rendah sehingga emisi gas seperti CO yang dihasilkan lebih besar. Selain gas CO, penggunaan bahan bakar kendaraan bermotor yang mengandung timbal (Pb) juga dapat menurunkan kualitas udara. Semakin besarnya jumlah emisi gas yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor dapat berdampak terhadap penurunan kualitas udara di lingkungan sekitarnya.

Pemantauan kualitas udara di suatu daerah dapat dilihat dari beberapa indikator, yaitu indikator fisika, kimia, dan biologi. Indikator biologi atau bioindikator merupakan kelompok atau komunitas organisme yang kehadirannya atau perilakunya di alam berkorelasi dengan kondisi lingkungan. Salah satu organisme yang sering digunakan sebagai bioindikator kualitas udara adalah lichen. Lichen dapat digunakan sebagai bioindikator kualitas udara karena lichen sangat peka terhadap perubahan pada parameter lingkungan, seperti temperatur, kelembapan, angin, serta polusi udara (McMullin *et al.*, 2017).

Lichen merupakan organisme simbiotik antara fungi dan algae yang dapat ditemukan di wilayah dengan tingkat polusi yang tinggi hingga tingkat polusi yang rendah. Persebaran dan keberadaan Lichen di suatu wilayah dapat dijadikan sebagai identifikasi kualitas udara di suatu daerah. Menurunnya kualitas udara di suatu daerah dapat dilihat dari perubahan keanekaragaman Lichen pada daerah tersebut (Muvidha, 2020). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Tangahu (2020), jenis lichen yang umumnya ditemukan di daerah dengan kualitas udara yang buruk adalah lichen dari jenis foliose dan crustose. Tingkat sensitivitas yang berbeda di antara beberapa jenis lichen dapat dimanfaatkan dalam menentukan tingkat pencemaran udara di suatu wilayah (Kurniasih *et al.*, 2020).

Studi mengenai pemanfaatan lichen sebagai bioindikator pencemaran udara di Kota Pekanbaru sudah pernah dilakukan oleh Panjaitan *et al.* (2012) yang menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara tingkat kepadatan lalu lintas dengan keanekaragaman dan akumulasi logam pada lichen yang terdapat di permukaan pohon peneduh jalan raya. Namun, studi tersebut hanya berfokus pada persentase kehadiran lichen dan akumulasi Pb dan Cr pada talus lichen. Sedangkan, pada penelitian ini penulis menggunakan Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (H') dan Indeks Kemurnian Atmosfer (*Index of Atmospheric Purity*, IAP) untuk mengetahui tingkat kualitas udara di Kota Pekanbaru. Selain itu, kondisi lingkungan urban di Kota Pekanbaru, terutama kepadatan lalu lintas dan faktor mikroiklim, telah mengalami perubahan yang signifikan setiap tahunnya. Perubahan tersebut tentu berdampak terhadap keanekaragaman jenis lichen. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian terkait pemanfaatan keanekaragaman jenis lichen sebagai bioindikator kualitas udara di Kota Pekanbaru sehingga dapat memberikan gambaran kualitas udara terkini. Data yang dihasilkan dari penelitian ini juga dapat dimanfaatkan sebagai data awal untuk pemantauan kualitas udara di masa mendatang sehingga perubahan kualitas udara dapat dievaluasi secara berkelanjutan.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli-Agustus 2024 yang diawali dengan pre-survey untuk menentukan lokasi titik *sampling*, pengambilan data lichen, pengukuran faktor abiotik di setiap stasiun pengamatan di Kota Pekanbaru, yaitu di Jalan Sudirman, Jalan Arifin Ahmad, Jalan Labersa, dan Hutan Kota. Identifikasi sampel lichen dilakukan di Laboratorium PMIPA Universitas Riau.

Penentuan Lokasi *Sampling*

Penelitian diawali dengan pre-survey untuk menentukan lokasi titik sampling menggunakan *purposive sampling*. Penentuan titik sampling dilakukan dengan memperhatikan perbedaan jumlah kendaraan yang melewati beberapa jalan di Kota Pekanbaru. Penghitungan jumlah kendaraan dilakukan di beberapa jalan di Kota Pekanbaru dengan menggunakan *hand tally counter* pada hari kerja selama 1 minggu. Berdasarkan kegiatan *pre-survey* maka ditetapkan 4 stasiun penelitian dengan asumsi setiap stasiun mewakili tingkat pencemaran yang tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah. Titik sampling dibagi menjadi 4 stasiun, yaitu stasiun 1 dengan volume kendaraan bermotor tertinggi berada di Jalan Sudirman, stasiun 2 dengan volume kendaraan sedang di Jalan Arifin Ahmad, stasiun 3 dengan volume kendaraan rendah di Jalan Labersa, dan stasiun 4 dengan volume kendaraan sangat rendah di Hutan Kota Pekanbaru. Penentuan jenis pohon sebagai substrat lichen epifit di setiap stasiun juga dilakukan dalam kegiatan pre-survey dengan mempertimbangkan keberadaan lichen, spesies pohon, ukuran diameter batang pohon, dan permukaan batang pohon.

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel lichen menggunakan metode plot pada 5 pohon di setiap titik sampling. Pengambilan sampel lichen dilakukan menggunakan bingkai kuadran plastik dengan ukuran sampling kuadrat 10 x 50 cm, masing-masing dibagi menjadi 5 unit area berukuran 10 x 10 cm, pada batang pohon dengan ketinggian antara 1-1,5 meter dari permukaan tanah (Moldoveanu, 2011). Pengambilan sampel lichen dilakukan dengan mengerik substrat lichen (kulit batang pohon) tanpa merusak bagian tengah sampel menggunakan *cutter*. Sampel kemudian dimasukkan ke kantong kertas dan diberi label untuk penyimpanan sementara untuk selanjutnya diidentifikasi di laboratorium. Penghitungan jumlah spesies lichen dan jumlah koloni setiap spesies yang ditemukan pada setiap plot serta pengukuran luas talus lichen dengan plastik sentimeter blok. Pengukuran faktor abiotik (suhu, kelembapan udara, dan intensitas cahaya) dilakukan pada hari yang sama dengan pengambilan sampel lichen.

Identifikasi Sampel

Proses identifikasi spesies lichen meliputi kegiatan pengamatan morfologi dan uji kandungan kimia lichen. Identifikasi lichen menggunakan rujukan dari beberapa buku, yaitu *100 Lichen from Thailand* (Nimis *et al.*, 2017) dan *Lichens of Uttar Pradesh* (Nayaka & Upreti, 2013). Morfologi lichen diamati di bawah mikroskop stereo. Karakteristik yang diamati, yaitu tipe dan warna talus serta organ reproduksi (apothecia atau soredia) yang terdapat pada permukaan talus lichen. Uji kandungan kimia lichen dilakukan dengan menggunakan uji warna (spot test). Lichen memproduksi metabolit sekunder yang disebut dengan zat lichen. Sebagian besar zat lichen ini berperan sebagai karakter penting untuk identifikasi lichen (kemotaksonomi). Uji warna dilakukan dengan meneteskan reagen K (kalium hidroksida 10 %), C (natrium hipoklorit 5,25%), dan KC (gabungan K dan C) pada permukaan talus (korteks) lichen. Bagian korteks yang telah ditetesi larutan akan berubah warna yang menjadi karakter untuk mengidentifikasi jenis lichen. Reaksi positif pada uji K akan menghasilkan warna kuning hingga merah yang menunjukkan adanya zat asam norstictic, asam psoromic, antrhaquinone, dan atranorin. Reaksi positif pada uji C menghasilkan warna merah hingga oren yang mengindikasikan terdapatnya asam thiopanic, asam stictic, dan asam gyrophoric. Reaksi positif pada uji KC menghasilkan warna merah muda hingga violet yang menunjukkan terdapatnya kandungan asam picrolichenic dan arthothelin (Orange *et al.*, 2010).

Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Data hasil identifikasi lichen dianalisis secara deskriptif kualitatif dengan cara mendeskripsikan ciri-ciri morfologi setiap spesies dengan mencantumkan nama ilmiah dan kondisi lingkungan. Analisis data secara kuantitatif dilakukan dengan metode menghitung indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') dan indeks kemurnian atmosfer (IAP). Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (H') merupakan indikator potensial untuk mengukur dampak polusi udara terhadap keanekaragaman

lichen (Shukla *et al.*, 2014). Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (H') dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$H' = - \sum P_i \ln P_i$$

Keterangan:

H' = Indeks Keanekaragaman

P_i = n_i/N , perbandingan antara jumlah individu spesies ke-I dengan jumlah total individu

n_i = Jumlah individu dari suatu jenis ke-i

N = Total individu seluruh jenis

Nilai indeks keanekaragaman jenis dapat diklasifikasikan dalam beberapa tingkatan, yaitu

$H' < 1$ = Keanekaragaman rendah, penyebaran jumlah individu setiap spesies rendah, dan kestabilan komunitas rendah.

$1 < H' < 3$ = Keanekaragaman sedang, penyebaran jumlah individu setiap spesies sedang, dan kestabilan komunitas sedang.

$H' > 3$ = Keanekaragaman tinggi, penyebaran jumlah individu setiap spesies tinggi, dan kestabilan komunitas tinggi.

IAP merupakan salah satu metode kuantitatif yang digunakan untuk penghitungan indeks polusi yang mempengaruhi lichen epifit dengan menggunakan perhitungan matematika (Nimis *et al.*, 2002). IAP dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$IAP = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^n (Q_i \times f_i)$$

Keterangan:

n = Total jumlah jenis lichen

f = Frekuensi penutupan ($f \times C$)

Q = Indeks ekologis

Tabel 1. Kriteria indeks kemurnian atmosfer (*index of atmospheric purity criteria*).

Level IAP (IAP Level)	Tingkat Polusi (Pollution Level)
$0 \leq IAP \leq 12,5$	Polusi udara sangat tinggi (<i>Very high air pollution</i>)
$12,5 < IAP \leq 25$	Polusi udara tinggi (<i>High Air pollution</i>)
$25 < IAP \leq 37,5$	Polusi udara sedang (<i>Moderate air pollution</i>)
$37,5 < IAP \leq 50$	Polusi udara rendah (<i>Low air pollution</i>)
$IAP > 50$	Polusi udara sangat rendah (<i>Very low air pollution</i>)

Sumber: Conti (2008).

HASIL

Hasil penelitian keanekaragaman spesies lichen epifit pada 4 lokasi pengamatan di Kota Pekanbaru menunjukkan terdapat 13 spesies lichen dengan tipe talus foliose dan crustose. Spesies lichen yang ditemukan berasal dari 8 famili yang berbeda, yaitu Famili Arthoniaceae, Caliciaceae, Candelariaceae, Graphidaceae, Lecanoraceae, Pameliaceae, Phlyctidaceae, dan Physciaceae. Famili dengan spesies terbanyak adalah famili Graphidaceae yang terdiri dari 4 spesies, yaitu *Graphis dendrogramma*, *Graphis handelii*, *Graphis scripta*, dan *Stegobollus fissus*. Famili dengan spesies kedua terbanyak adalah famili Caliciaceae yang terdiri dari 2 spesies lichen, yaitu *Diploicia*

canescens dan *Dirinaria picta*. Total jumlah koloni terbanyak berada di Stasiun 4, sedangkan total jumlah koloni terendah berada di stasiun 1 (Tabel 2).

Tabel 2. Komposisi Jenis Lichen di Kota Pekanbaru (*Composition of Lichen Types in Pekanbaru City*).

No.	Famili (Family)	Spesies (Species)	Tipe Talus (Thalus Type)	Uji Warna (Spot Test)			Jumlah Koloni (Number of Colonies)			
				K	C	KC	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4
1.	Graphidaceae	<i>Graphis dendrogramma</i>	Crustose	+	-	-	0	0	0	125
		<i>Graphis handelii</i>	Crustose	+	-	-	0	0	32	8
		<i>Graphis scripta</i>	Crustose	-	-	-	10	139	237	225
		<i>Stegobollus fissus</i>	Crustose	+	-	+	0	0	0	4
2.	Caliciaceae	<i>Diploicia canescens</i>	Crustose	+	-	-	32	0	0	0
		<i>Dirinaria picta</i>	Foliose	+	-	-	0	12	487	41
3.	Arthoniaceae	<i>Cryptothecia striata</i>	Crustose	-	+	+	0	0	0	229
		<i>Arthonia arthonioides</i>	Crustose	+	-	-	0	29	67	656
4.	Candelariaceae	<i>Candelariella</i>	Crustose	-	-	-	0	0	0	5
		<i>xanthostigmoides</i>								
5.	Lecanoraceae	<i>Pyrrhospora querneae</i>	Crustose	-	+	+	7	0	13	11
6.	Parmeliaceae	<i>Parmelia sulcata</i>	Foliose	+	-	-	0	0	0	2
7.	Phlyctidaceae	<i>Phlyctis argena</i>	Crustose	+	-	-	66	324	414	507
8.	Physciaceae	<i>Pyxine cocoes</i>	Crustose	-	-	-	0	129	19	81
Total Jumlah Koloni (Total Number of Colonies)							115	633	1.270	1.894

Keterangan:

Stasiun 1 = Jalan Sudirman

+ = Bereaksi Positif terhadap Uji Warna

Stasiun 2 = Jalan Arifin Ahmad

- = Bereaksi Negatif terhadap Uji Warna

Stasiun 3 = Jalan Labersa

Stasiun 4 = Hutan Kota Pekanbaru

Description:

Station 1 = Jalan Sudirman

+ = React Positively to the Color Test

Station 2 = Jalan Arifin Ahmad

- = React Negatively to the Color Test

Station 3 = Labersa Street

Station 4 = Pekanbaru City Forest

Indeks keanekaragaman jenis lichen di Kota Pekanbaru bervariasi di setiap stasiunnya (Tabel 3). Stasiun 1 di Jalan Sudirman dengan volume kendaraan tertinggi memiliki indeks keanekaragaman terendah, yaitu sebesar 1,00 (indeks keanekaragaman rendah). Sedangkan, stasiun 4 di Hutan Kota Pekanbaru dengan volume kendaraan terendah memiliki indeks keanekaragaman tertinggi, yaitu sebesar 1,79 (indeks keanekaragaman sedang).

Indeks Kemurnian Atmosfer merupakan metode yang memanfaatkan lichen untuk menentukan kualitas udara di suatu lokasi. Data yang diperoleh selama penelitian untuk menentukan nilai IAP, antara lain jumlah koloni spesies lichen dan luas penutupan lichen. Nilai indeks kemurnian atmosfer berkisar antara 5,67-126,93, dengan nilai terendah di Stasiun 1 dan tertinggi di Stasiun 4. Data nilai Indeks Keanekaragaman Shannon Wiener dan Indeks Kemurnian Atmosfer di Kota Pekanbaru dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Indeks keanekaragaman jenis (H') dan indeks kemurnian atmosfer (IAP) lichen di Kota Pekanbaru (*Species Diversity Index (H') and Index of Atmospheric Purity (IAP) of Lichens in Pekanbaru City*).

Stasiun (Station)	Indeks Keanekaragaman (H') (Diversity Index)	Indeks Kemurnian Atmosfer (IAP) (Index of Atmospheric Purity)
1	1,00	5,67
2	1,15	35,26
3	1,34	68,26
4	1,79	126,93

Faktor Lingkungan

Pengukuran faktor abiotik dilakukan di beberapa kawasan di Kota Pekanbaru dengan berbagai tingkat volume kendaraan sebanyak satu kali pada pagi hari dengan kondisi cuaca cerah. Pengukuran dilakukan pada pagi hari karena bertepatan dengan jam puncak lalu lintas. Faktor abiotik yang diukur pada penelitian ini, yaitu suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan volume kendaraan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa suhu udara pada keempat stasiun pengamatan berkisar antara 31,7-34,7°C, kelembapan udara antara 53-66%, dan intensitas cahaya antara 1.110-1.420 lux (Tabel 4). Volume kendaraan tercatat bervariasi antara 601-4.055 smp/jam/lajur. Secara umum, stasiun dengan volume kendaraan tertinggi memiliki suhu dan intensitas cahaya yang lebih tinggi, serta kelembapan yang lebih rendah dibandingkan stasiun dengan volume kendaraan rendah. Berikut merupakan tabel hasil pengukuran faktor abiotik yang mempengaruhi lichen pada setiap stasiun pengamatan.

Tabel 4. Hasil pengukuran faktor lingkungan dan volume kendaraan di Kota Pekanbaru (*Results of Environmental Factor and Vehicle Volume Measurements in Pekanbaru City*).

No.	Parameter Abiotik (Abiotic Parameter)	Stasiun (Station)			
		1	2	3	4
1.	Suhu Udara (°C) (Temperature)	34,7	34,3	33,4	31,7
2.	Kelembapan Udara (%) (Humidity)	53	57	60	66
3.	Intensitas Cahaya (Lux) (Light Intensity)	1420	1304	1300	1110
4.	Volume Kendaraan (smp/jam/lajur) (Vehicle Volume)	4.055	2.415	601	6

PEMBAHASAN

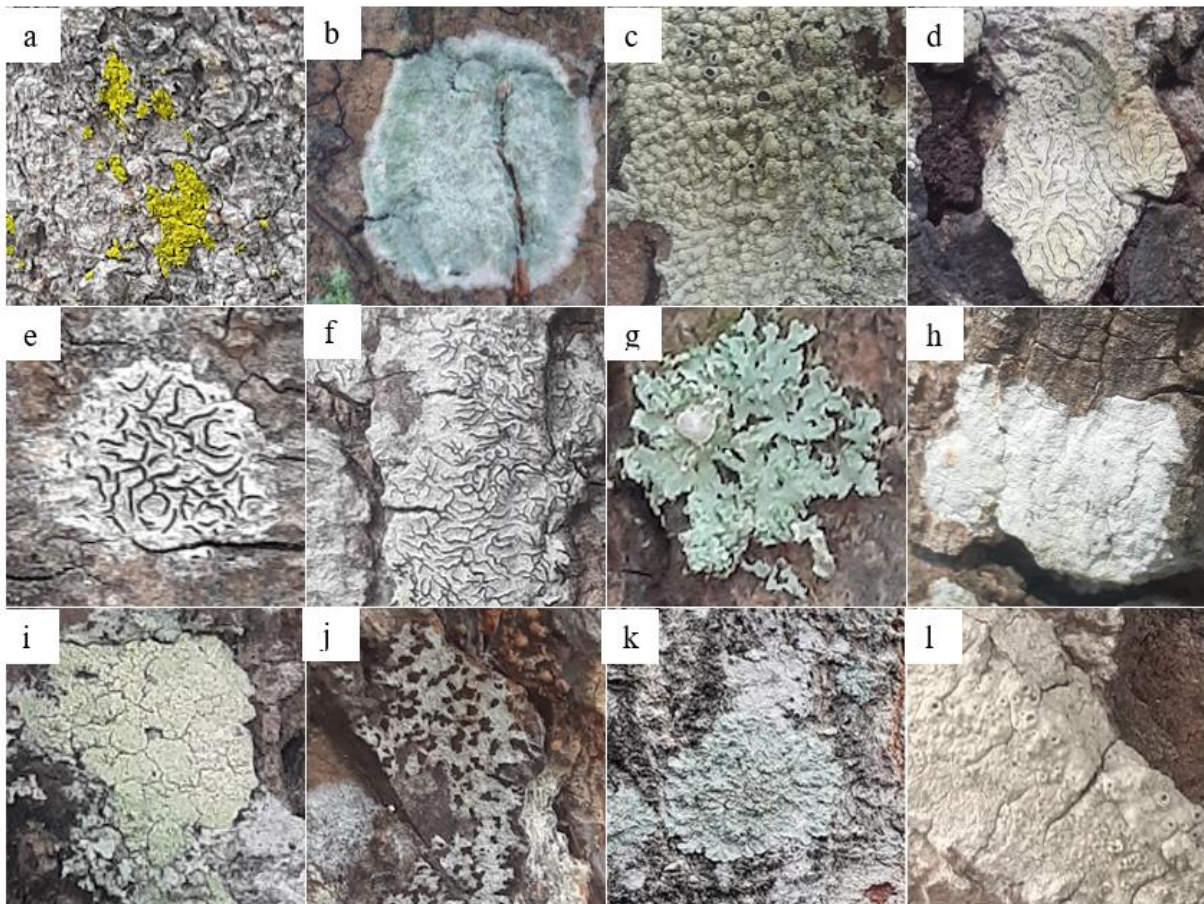
Komposisi Jenis Lichen

Komposisi jenis merupakan susunan dan jumlah individu dalam suatu komunitas. Berdasarkan tabel 2, lichen dengan jenis terbanyak yang ditemukan pada penelitian ini berasal dari Famili Graphidaceae, yaitu sejumlah 4 spesies lichen. Hal ini sejalan dengan penelitian Panjaitan *et al.* (2012) yang juga menemukan Famili Graphidaceae sebagai famili dengan jumlah spesies terbanyak di Kota Pekanbaru pada pohon inang yang sama, yaitu *Swietenia mahagoni*. Kesamaan hasil tersebut menunjukkan bahwa karakteristik kulit batang pohon *S. mahagoni* yang kasar merupakan substrat yang sesuai bagi pertumbuhan Graphidaceae. Hal ini menunjukkan bahwa jenis substrat dan kondisi mikroiklim habitat pada keempat stasiun pengamatan mampu mendukung pertumbuhan spesies lichen dari Famili Graphidaceae sehingga menyebabkan tingginya jumlah lichen dari Famili Graphidaceae. Pada penelitian ini ditemukan empat spesies yang berasal dari Famili Graphidaceae, yaitu *G. dendrogammae*, *G. handelii*, *G. scripta*, dan *Stegobollus fissus*. Spesies yang ditemukan berbeda dengan hasil penelitian Panjaitan *et al.* (2012), yang menemukan spesies *Graphina mendax*, *Graphis glauconigra*, dan *Phaeographis sp.* Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh perubahan kondisi mikroiklim habitat dan tingkat polusi udara yang dapat memengaruhi komposisi spesies lichen.

Famili Graphidaceae merupakan salah satu famili lichen yang memiliki tipe talus crustose. Atni *et al.* (2024) menyatakan bahwa Famili Graphidaceae merupakan famili lichen dengan tipe talus crustose terbesar di dunia. Tingginya penyebaran famili Graphidaceae berkaitan dengan tipe talus yang dimilikinya. Hal ini dikarenakan lichen dengan tipe talus crustose lebih resistan dibandingkan dengan tipe talus foliose (Anwari *et al.*, 2021). Hasairin (2019) menyatakan bahwa lichen dengan tipe talus crustose memiliki struktur yang lebih sederhana dan luas permukaan yang lebih sedikit sehingga lebih resistan terhadap polusi udara. Selain itu, lichen dengan tipe talus crustose memiliki sifat melekat erat pada substratnya dengan tipe jaringan talus homoimerous, yaitu keadaan dimana alga berada di sekitar hifa, sehingga lichen tipe crustose dapat terlindung dari potensi kehilangan air (Khastini, 2018).

Berdasarkan penelitian ini, terdapat empat spesies lichen yang berasal dari famili Graphidaceae. Dari keempat spesies tersebut terdapat dua spesies yang memiliki kemiripan karakteristik morfologi, yaitu *G. handelii* (Gambar 1e) dan *G. scripta* (Gambar 1f). Kedua spesies tersebut memiliki talus berwarna putih dan lirellae yang menonjol dari permukaan talus. Setelah dilakukan uji warna, ditemukan adanya perbedaan antara kedua spesies tersebut. Spesies *G. handelii* bereaksi positif terhadap uji K dengan menghasilkan warna kuning kemerahan pada talusnya, sedangkan spesies *G. scripta* tidak menunjukkan reaksi terhadap uji warna (Tabel 2). Hal ini sesuai dengan karakteristik spesies *G. scripta* yang dideskripsikan oleh Whelan (2011), yaitu spesies ini tidak memiliki metabolit sekunder sehingga tidak bereaksi positif terhadap uji warna. Menurut Lepista & Aptroot (2016), talus *G. handelii* mengalami perubahan warna menjadi kuning kemerahan saat ditetesi larutan KOH karena mengandung asam norstictic.

Komposisi jenis lichen pada penelitian ini dipengaruhi oleh faktor abiotik seperti kualitas udara dan mikroiklim habitat pada setiap stasiun. Tingkat kepadatan lalu lintas pada suatu kawasan dapat mempengaruhi kualitas udara sehingga berdampak terhadap komposisi jenis lichen di wilayah tersebut. Menurut Nasriyati & Utami (2018), kawasan dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang rendah dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangan talus lichen. Sebaliknya, kawasan dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi menghasilkan emisi gas buang kendaraan yang besar sehingga menyebabkan menurunnya kualitas udara. Rendahnya kualitas udara di suatu kawasan dapat menghambat pertumbuhan lichen yang sensitif terhadap polusi udara.



Gambar 1. Spesies lichen yang ditemukan di Hutan Kota Pekanbaru (*Lichen species found in Pekanbaru City Forest*). (a) *Candelariella xanthostigmoides*; (b) *Cryptothecia striata*; (c) *Dirinaria picta*; (d) *Graphis dendrogramma*; (e) *Graphis handelii*; (f) *Graphis scripta*; (g) *Parmelia sulcata*; (h) *Phlyctis argena*; (i) *Pyrrhospora quernea*; (j) *Arthonia arthonioides*; (k) *Pyxine cocoes*; (l) *Stegobolus fissus*.

Selain faktor kualitas udara, faktor fisika seperti suhu udara, kelembapan, dan intensitas cahaya juga dapat mempengaruhi komposisi jenis lichen. Suhu udara yang tinggi dapat merusak klorofil pada lichen (Ananda *et al.*, 2023). Menurut Thomas H (2008), suhu di atas 43°C dapat menghambat pertumbuhan lichen. Suhu di atas 43°C dapat merusak klorofil pada lichen sehingga dapat menghambat aktivitas fotosintesis (Mafaza *et al.*, 2019). Suhu udara pada ke-empat stasiun penelitian berkisar antara 31,7-34,7°C. Kisaran suhu tersebut tidak menghambat proses fotosintesis sehingga masih tergolong optimal untuk mendukung pertumbuhan lichen. Menurut Heggenes *et al.* (2020), kelembapan optimum untuk mendukung pertumbuhan lichen berkisar antara 40-70%. Hasil pengukuran kelembapan pada setiap stasiun pengamatan, yaitu berkisar antara 55-66 %. Kelembapan udara di setiap stasiun pengamatan pada penelitian ini termasuk optimal untuk mendukung pertumbuhan lichen.

Berdasarkan hasil penelitian, komposisi jenis lichen di setiap stasiun pengamatan menunjukkan pola yang berbeda sesuai dengan perbedaan tingkat kepadatan lalu lintas di masing-masing stasiun (Tabel 2). Total jumlah koloni lichen pada setiap stasiun menunjukkan bahwa semakin meningkatnya kepadatan lalu lintas, semakin menurun pula jumlah koloni spesies lichen. Hal ini dapat dilihat pada Stasiun 1 dengan kepadatan lalu lintas tertinggi memiliki komposisi jenis lichen terendah dibandingkan dengan stasiun lainnya, yaitu terdiri dari 4 spesies lichen dengan total jumlah 115 koloni. Sebaliknya, stasiun 4 dengan kepadatan lalu lintas terendah memiliki komposisi jenis lichen tertinggi, yaitu terdiri 12 spesies lichen dengan total jumlah 1.894 koloni.

Total jumlah koloni spesies lichen tertinggi pada penelitian ini terdapat di stasiun 4 yang memiliki tingkat kepadatan lalu lintas terendah dibandingkan dengan stasiun lainnya. Total koloni spesies lichen di Hutan Kota Pekanbaru mencapai 1.894 koloni *lichen*. Spesies yang mendominasi Stasiun 4 adalah spesies *P. argena* dan *A. arthonioides* (Tabel 2). Mendominasinya kedua spesies tersebut menunjukkan bahwa kondisi lingkungan di Hutan Kota Pekanbaru dapat mendukung pertumbuhan kedua spesies tersebut secara optimal. Hasil pengukuran suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya di Stasiun 4 yang ditunjukkan pada Tabel 4 tergolong optimal untuk mendukung pertumbuhan lichen. Hal ini karena kondisi lingkungan di Hutan Kota Pekanbaru yang memiliki banyak pohon dengan kanopinya yang mempengaruhi suhu dan kelembapan udara. Selain itu, sedikitnya jumlah kendaraan bermotor yang melintasi di wilayah tersebut juga dapat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup lichen. Rendahnya polutan di udara dapat mendukung kelangsungan hidup lichen karena lichen sangat sensitif terhadap polusi udara (Mafaza *et al.*, 2019).

Indeks Keanekaragaman Jenis (H')

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat perbedaan nilai indeks keanekaragaman jenis (H') lichen di Kota Pekanbaru pada setiap stasiun pengamatan (Tabel 3). Nilai indeks keanekaragaman tertinggi terdapat di stasiun 4, yaitu Hutan Kota Pekanbaru, dengan nilai H' 1,79 dan dikategorikan keanekaragaman sedang. Sedangkan, nilai indeks keanekaragaman terendah terdapat di stasiun 1, yaitu Jalan Sudirman, dengan nilai H' 1,00 yang juga dikategorikan dalam indeks keanekaragaman sedang. Perbedaan nilai indeks keanekaragaman lichen di Kota Pekanbaru dapat disebabkan oleh faktor abiotik seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya, serta jumlah kendaraan yang melintas di lokasi tersebut.

Stasiun 1 merupakan wilayah dengan nilai indeks keanekaragaman jenis lichen terendah dibandingkan dengan stasiun lainnya. Nilai H' pada Stasiun 1 termasuk dalam kategori keanekaragaman sedang (1,00). Rendahnya nilai indeks keanekaragaman lichen dipengaruhi oleh faktor fisika dan tingginya jumlah kendaraan yang melintas di stasiun ini. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran suhu yang dilakukan oleh peneliti yang menunjukkan bahwa stasiun 1 memiliki suhu tertinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya, yaitu 34,7°C. Suhu udara yang tinggi dapat merusak klorofil pada lichen (Ananda *et al.*, 2023). Hal tersebut menyebabkan sedikitnya spesies dan jumlah koloni lichen yang dapat bertahan hidup di stasiun 1. Selain itu, tingginya tingkat kepadatan lalu lintas juga berdampak terhadap meningkatnya suhu udara di kawasan tersebut (Ananda *et al.*, 2023). Rendahnya kelembapan dan tingginya intensitas cahaya akibat sedikitnya kanopi vegetasi juga menyebabkan rendahnya nilai H' di stasiun ini.

Peningkatan nilai indeks keanekaragaman jenis lichen terdapat di stasiun 2, yaitu di Jalan Arifin Ahmad. Nilai H' pada stasiun 2 digolongkan dalam kategori keanekaragaman sedang dengan nilai H' 1,15. Terjadinya peningkatan nilai H' di Stasiun 2 dapat dipengaruhi oleh faktor abiotik yang lebih ideal dibandingkan dengan Stasiun 1. Stasiun 2 memiliki suhu udara yang lebih rendah dengan kelembapan yang lebih tinggi daripada Stasiun 1 (Tabel 4). Selain itu, volume kendaraan yang lebih rendah juga menjadi faktor yang mendukung peningkatan nilai H' di Stasiun 2. Dapat dilihat pada tabel 1, lichen yang mendominasi adalah spesies *P. argena* yang tergolong dalam spesies lichen yang toleran terhadap polusi udara.

Nilai indeks keanekaragaman jenis lichen stasiun 3 lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun 1 dan 2 serta tergolong dalam keanekaragaman kategori sedang. Peningkatan nilai H' pada Stasiun 3 dapat disebabkan oleh faktor mikroiklim habitat yang lebih ideal dibandingkan dengan Stasiun 1 dan Stasiun 2. Berdasarkan hasil pengukuran faktor fisika-kimia (Tabel 4), suhu di stasiun ini lebih rendah serta memiliki kelembapan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kedua stasiun sebelumnya. Suhu di stasiun 3, yaitu 33,4°C sehingga tergolong optimal untuk mendukung pertumbuhan lichen. Hal ini didukung oleh pernyataan Thomas H, (2008) yang menyatakan spesies lichen tropis dapat menoleransi suhu lingkungan yang sangat rendah dan akan mati saat suhu lingkungan mencapai 35-43°C.

Nilai indeks keanekaragaman di Stasiun 4 juga termasuk dalam kategori sedang dengan nilai H' yang sedikit lebih tinggi daripada stasiun 3 (Tabel 3). Tingginya nilai H' pada kawasan Hutan Kota Pekanbaru dibandingkan dengan stasiun pengamatan lainnya dapat disebabkan oleh kondisi lingkungan yang masih alami dan minimnya kendaraan yang melintasi wilayah tersebut. Sedikitnya kendaraan yang melintas di Hutan Kota Pekanbaru menyebabkan kualitas udara di sekitarnya tergolong baik untuk mendukung kelangsungan hidup lichen. Hal ini sejalan dengan pernyataan Belguidoum *et al.*, (2022) yang menyatakan bahwa keanekaragaman jenis lichen semakin berkurang seiring dengan semakin dekatnya jarak lichen dari sumber pencemaran udara. Selain itu, stasiun 4 menunjukkan kondisi iklimat paling ideal untuk pertumbuhan lichen (Tabel 4). Stasiun ini memiliki suhu rata-rata 31,7 °C, lebih rendah dibandingkan stasiun lain; kelembapan relatif tertinggi, yaitu 66%; serta intensitas cahaya 1110 lux, berada dalam kisaran optimal untuk fotosintesis lichen. Hal tersebut menunjukkan bahwa kawasan Hutan Kota Pekanbaru mengandung banyak air di udara sehingga dapat mendukung pertumbuhan berbagai spesies lichen.

Indeks Kemurnian Atmosfer

Berdasarkan Tabel 3, terdapat perbedaan nilai kemurnian atmosfer pada setiap stasiun. Nilai IAP tertinggi terdapat di Stasiun 4, sedangkan nilai IAP terendah terdapat di Stasiun 1. Nilai Indeks Kemurnian Atmosfer (IAP) diperoleh berdasarkan data lichen berupa kehadiran spesies, jumlah koloni, dan luas penutupan lichen pada masing-masing stasiun. Terdapatnya perbedaan nilai IAP di setiap stasiun dapat disebabkan oleh tingkat polusi yang berbeda, terutama polusi dari kendaraan bermotor yang melintasi setiap stasiun pengamatan

Stasiun 1 memiliki nilai IAP terendah dibandingkan dengan stasiun pengamatan lainnya, yaitu sebesar 5,67 sehingga dikategorikan dalam tingkat polusi udara sangat tinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh tingginya volume kendaraan yang melintas di Jalan Sudirman Pekanbaru, yakni sejumlah 4.055 smp/jam/lajur. Tingginya level polusi udara di Jalan Sudirman Pekanbaru menyebabkan sedikitnya spesies dan jumlah koloni lichen epifit yang peneliti temukan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Fandani *et al.* (2019) yang menunjukkan rendahnya nilai IAP di Desa Silo, Kabupaten Jember, yaitu 10,58, akibat tingginya jumlah kendaraan bermotor yang melewati desa tersebut, yaitu sebanyak 2.530 smp/jam/lajur.

Stasiun 2 memiliki nilai IAP yang lebih tinggi dibandingkan dengan Stasiun 1, yaitu sebesar 35,26 dan dikategorikan dalam tingkat polusi udara tinggi. Tingginya nilai IAP di Stasiun 2 dibandingkan dengan Stasiun 1 disebabkan oleh lebih sedikitnya jumlah kendaraan bermotor yang melintas di Jalan Arifin Ahmad, yaitu sejumlah 2.415 smp/jam/lajur. Hal ini menyebabkan spesies lichen yang ditemukan di Stasiun 2 lebih beragam dibandingkan dengan Stasiun 1. *Phlyctis argena* merupakan spesies yang paling dominan di stasiun 2. Dominannya spesies ini menunjukkan bahwa

spesies ini toleran terhadap polusi udara. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Eufemio *et al.* (2016), *P. argena* memiliki kemampuan untuk mengakumulasi logam berat seperti cadmium, nikel, dan timbal di wilayah dengan polusi udara yang tinggi.

Nilai indeks kemurnian atmosfer pada stasiun 3 jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kedua stasiun sebelumnya, yaitu sebesar 68,26 dan dikategorikan dalam tingkat polusi udara sangat rendah. Rendahnya jumlah kendaraan yang melintas di jalan Labersa, yaitu sejumlah 601 smp/jam/lajur, menyebabkan tingginya nilai IAP pada stasiun 3. Tingkat polusi udara yang sangat rendah dapat mendukung pertumbuhan berbagai spesies lichen pada stasiun ini. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya jenis lichen yang ditemukan pada stasiun 3 dibandingkan dengan Stasiun 1 dan 2, yaitu ditemukan sebanyak 7 spesies lichen dengan jumlah total koloni 1.270.

Stasiun 4 merupakan stasiun kontrol dengan jumlah kendaraan yang melintas terendah dibandingkan dengan ketiga stasiun lainnya, yaitu 6 smp/jam/lajur. Hal ini menyebabkan tingginya nilai IAP yang diperoleh, yaitu 126,93 sehingga dikategorikan sebagai level polusi udara sangat rendah. Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya spesies dan jumlah koloni lichen dibandingkan dengan ketiga stasiun lainnya (Tabel 3). Tingginya nilai IAP ini menunjukkan bahwa kualitas udara di Hutan Kota Pekanbaru tergolong baik sehingga dapat mendukung pertumbuhan berbagai spesies lichen epifit yang terdapat di lokasi tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data keanekaragaman lichen sebagai bioindikator kualitas udara dapat disimpulkan bahwa Indeks keanekaragaman jenis lichen (H') dan Indeks Kemurnian Atmosfer (IAP) di Kota Pekanbaru bervariasi di setiap stasiunnya. Stasiun 1 di Jalan Sudirman dengan volume kendaraan tertinggi memiliki indeks keanekaragaman terendah, yaitu sebesar 1,00 dan dikategorikan dalam indeks keanekaragaman rendah. Stasiun 1 memiliki nilai IAP terendah dibandingkan dengan stasiun pengamatan lainnya, yaitu sebesar 5,67 sehingga dikategorikan dalam level polusi udara sangat tinggi. Sedangkan, stasiun 4 di Hutan Kota Pekanbaru dengan volume kendaraan terendah memiliki indeks keanekaragaman tertinggi, yaitu sebesar 1,79 dan dikategorikan dalam indeks keanekaragaman sedang. Selain itu, Nilai IAP yang diperoleh pada stasiun 4 merupakan nilai IAP tertinggi, yaitu 126,93 sehingga dikategorikan sebagai level polusi udara sangat rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Laboratorium PMIPA FKIP Universitas Riau yang telah menyediakan fasilitas dan peralatan untuk mendukung penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

FS: Membuat konsep penelitian, membuat draf artikel, merevisi naskah akhir; N: Membuat konsep penelitian, merevisi naskah akhir; SRA: mengumpulkan data penelitian, membuat draf artikel, merevisi naskah akhir.

REFERENSI

- Ananda, T. T., Kaswinarni, F., dan Rachmawati, R. C. 2023. Keanekaragaman Jenis Lichenes Sebagai Bioindikator Kualitas Udara Di Objek Wisata Wono Sreni Indah Kota Jepara. *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 9(2), pp 39–45.
- Anwari, W., Sutijahati, S., dan Munarti. 2021. Keanekaragaman Lichen di Pusat Pendidikan Konservasi Alam Bodogol, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, 7(2), pp 89–100.
- Atni, O. K., Munir, E., Siregar, E. S., dan Saleh, M. N. 2024. Lichen diversity and taxonomy in Bukit Barisan Grand Forest Park, North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 25(4), pp 1623–1630.
- Belguidoum, A., Haichour, R., Lograda, T., dan Ramdani, M. 2022. Biomonitoring of air pollution by lichen diversity in the urban area of Setif, Algeria. *Biodiversitas*, 23(2), pp 970–981.
- Conti, M. E. 2008. *Lichens as bioindicators of air pollution* (Vol. 30), pp 111-112.
- Eufemio, J. J. C., Empasis, M. G. D. C., Gabuco, M. N., dan Lagbas, A. J. 2016. *Phlyctis argena*

- spreng. flot. lichen as biomonitor of airborne heavy metals near a nickel mining site in mindoro island, Philippines. *Indian Journal of Advances in Chemical Science*, 4(4), pp 367–373.
- Fandani, S. T., Sulistiyowati, H., dan Setiawan, R. 2019. Tingkat Pencemaran Udara di Desa Silo dan Pace, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember dengan Menggunakan Lichen Sebagai Bioindikator. *Berkala Sainstek*, 7(2), pp 39.
- Hasairin, A. 2019. Chrome Analysis on Lichens at Ambient Air On Living Trees. *International Journal of Ecophysiology*, 1(2), pp 88–93.
- Heggenes, J., Fagertun, C., Odland, A., dan Bjerketvedt, D. K. 2020. Soft resilience: moisture-dependent lichen elasticity buffer herbivore trampling in cold alpine-tundra ecosystems. *Polar Biology*, 43(7), pp 789–799.
- Khastini, R. O. 2018. Ragam Liken Berdasarkan Ketinggian Dataran sebagai Bioindikator Kualitas Ekosistem di Cagar Alam Rawa Danau Serang Banten. *Biota*, 11(2), pp 107–122.
- Kurniasih, S., Prasaja, D., dan Ayu Lestari, A. 2020. Potensi Liken Sebagai Bioindikator Kualitas Udara Di Kawasan Sentul Bogor. *Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, 6(1), pp 17–24.
- Lepista, Z., & Aptroot, A. 2016. Seven species of Graphis from Portugal reported new to Europe. *Lichenologist*. 48(4), pp 259–267.
- Mafaza, H., Murningsih, M., dan Jumari, J. 2019. Keanekaragaman Jenis Lichen di Kota Semarang. *Life Science*, 8(1), pp 10–16.
- McMullin, R. T., Ure, D., Smith, M., Clapp, H., dan Wiersma, Y. F. 2017. Ten years of monitoring air quality and ecological integrity using field-identifiable lichens at Kejimikujik National Park and National Historic Site in Nova Scotia, Canada. *Ecological Indicators*, 81, pp 214–221.
- Moldoveanu, A. M. 2011. *Air Pollution - New developments*. InTech, pp 233-234.
- Muvidha, A. 2020. *Lichen Di Jawa Timur*. Akademia Pustaka, pp 15-16.
- Nasriyati, T., dan 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), pp 20–27.
- Nayaka, S., dan Upreti, D. K. 2013. *Lichens of Uttar Pradesh*. Uttar Pradesh State Biodiversity Board, pp 143-144.
- Nimis, P. L., Aptroot, A., dan Boonpragob, K. 2017. *100 Lichens from Thailand: a tutorial for students*, pp 1-50.
- Nimis, P. L., Scheidegger, C., dan Wolseley, P. A. 2002. *Monitoring with Lichens — Monitoring Lichens*. Kluwer Academic Publishers, pp 285-286.
- Orange, A., James, P. W., & White, F. J. 2010. *Microchemical Methods for The Identification Of Lichens*. London: British Lichen Society, pp 12.
- Panjaitan, D. M., Fitmawati, dan Martina, A. 2012. Keanekaragaman Lichen sebagai Bioindikator Pencemaran Udara di Kota Pekanbaru. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 44(8), pp 1–12.
- Sasmita, A., Reza, M., Elystia, S., dan Syarah Adriana. 2022. Analisis Pengaruh Kecepatan Dan Volume Kendaraan Terhadap Emisi Dan Konsentrasi Karbon Monoksida Di Jalan Jenderal Sudirman, Kota Pekanbaru. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(4), pp 269–279.
- Shukla, V., Upreti, D. K., dan Bajpai, R. 2014. *Lichens to Biomonitor the Environment*. Springer, pp 128-129.
- Tangahu, B. 2020. The Lichen Type Identification as a Bioindicator of Air Quality of Sukolilo District In Surabaya, Indonesia. *Technology Reports of Kansai University*, 62(3), pp 743.
- Thomas H, N. 2008. *Lichen Biology* (2 ed.). Cambridge University Press, pp 136-137.
- Whelan, P. 2011. *Lichens of Ireland*. Dublin: The Collins Press., pp 98.