

**DIVERSITAS *LICHEN* SEBAGAI BIOINDIKATOR
KUALITAS UDARA DI KAWASAN KONSERVASI
EX-SITU GEMBIRA LOKA YOGYAKARTA**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 pada Program Studi Biologi



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Disusun oleh:
Shaffa Nafisha

19106040019

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2023**



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2951/Un.02/DST/PP.00.9/12/2023

Tugas Akhir dengan judul : Diversitas Lichen sebagai Bioindikator Kualitas Udara di Kawasan Konservasi Ex-Situ Gembira Loka Yogyakarta

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : SHAFFA NAFISHA
Nomor Induk Mahasiswa : 19106040019
Telah diujikan pada : Rabu, 13 Desember 2023
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Siti Aisah, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 658548d816d1c



Penguji I
Shilfiana Rahayu, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 658548ce25798



Penguji II
Satiti Ratnasari, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 65852b2cc8da2



Yogyakarta, 13 Desember 2023
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6585545f16165

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Shaffa Nafisha

NIM : 19106040019

Program Studi : Biologi

Menyatakan bahwa skripsi yang disusun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana ini adalah hasil karya dan penelitian saya sendiri. Adapun kutipan tertentu yang berasal dari hasil karya orang lain, telah dicantumkan sumbernya sesuai dengan kaidah dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila ditemukan plagiat dalam skripsi ini.

Demikian surat pernyataan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 5 Desember 2023

Penulis,



Shaffa Nafisha
NIM. 19106040019

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Shaffa Nafisha

NIM : 19106040019

Judul Skripsi : Diversitas *Lichen* sebagai Bioindikator Kualitas Udara di Kawasan Konservasi
Ex-Situ Gembira Loka Yogyakarta

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Biologi.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 5 Desember 2023

Pembimbing

Siti Aisah, S.Si., M.Si.

NIP. 19740611 200801 2 009

MOTTO

Yang menjadi pengingat bagi penulis:

Al-Baqarah: 286

Al-Insyirah: 5-6

Seimbang.

Mohon, mangesthi, mangastuti, marem.



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa terpanjat ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menuntaskan perjalanan sarjana dengan tilas tugas akhir skripsi yang berjudul “Diversitas *Lichen* sebagai Bioindikator Kualitas Udara di Kawasan Konservasi *Ex-situ* Gembira Loka Yogyakarta”. Shalawat teriring salam semoga selalu tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad saw. yang menjadi tonggak revolusi bagi umat Islam dari zaman Jahiliyah ke zaman yang niscaya terang akan ilmu dan kebenaran.

Dinamika ada untuk mewarnai proses, tentu banyak hal impresif yang didapat selama menyusun skripsi ini. Penulis menghaturkan terima kasih kepada berbagai pihak atas dukungan dan bimbingannya, teruntuk:

1. Bapak Ayi Mulyadi, S.Ag. dan ibu Dini Andriani – dua orang yang amat berharga, mama dan papap yang senantiasa memberikan ridha yang tulus untuk penulis.
2. Ibu Siti Aisah, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing sekaligus sosok inspiratif yang telah memberikan waktu, ilmu, dan nasihatnya dengan amat sabar.
3. Bapak Prof. Dr. Phil. Al Makin, S.Ag., M.A., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
5. Ibu Najda Rifqiyati, S.Si., M.Si., selaku ketua program studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
6. Ibu Shilfiana Rahayu, M.Sc. dan ibu Satiti Ratnasari, M.Sc., selaku dosen penguji yang telah memberikan ilmu dan masukannya.
7. Bapak/ibu dosen program studi Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
8. Instansi Gembira Loka Zoo yang telah memperkenankan penulis untuk melakukan penelitian.
9. Keluarga besar yang telah memberikan doa dan semangatnya.

10. Teman-teman dan seorang tuan rumah di Yogyakarta yang telah mengajarkan banyak hal untuk penulis sejak 2019.

Sebuah kesempatan berharga bagi penulis dapat mengenyam pendidikan yang layak dengan lingkungan yang senantiasa membentuk terhadap hal-hal baik. Atas rasa syukur, penulis memberikan usaha terbaik dalam menyusun skripsi ini. Atas segala kekurangan, saran dan kritik yang membangun sangat berkenan bagi penulis. Tiada kata henti untuk belajar, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menjadi jejak yang baik bagi penulis untuk bekal pada jenjang pendidikan dan bahtera kehidupan yang selanjutnya.

Yogyakarta, 5 Desember 2023
Penulis,



Shaffa Nafisha
NIM. 19106040019



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DIVERSITAS *LICHEN* SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS UDARA DI KAWASAN KONSERVASI *EX-SITU* GEMBIRA LOKA YOGYAKARTA

Shaffa Nafisha
19106040019

ABSTRAK

Lichen merupakan organisme yang terbentuk dari asosiasi fungi (*mycobiont*) dan alga (*photobiont*) yang bersimbiosis secara mutualisme. Struktur *lichen* tidak memiliki kutikula, stomata, dan jaringan vaskular, sehingga *lichen* dapat dijadikan sebagai bioindikator kualitas udara. Kualitas udara di Gembira Loka yang merupakan kawasan konservasi *ex-situ* di wilayah urban dan komersial kota Yogyakarta ditinjau dengan menggunakan *lichen* berdasarkan diversitas dan komposisinya. Diversitas *lichen* berdasar pada kelimpahan *lichen* dan indeks diversitas Shannon-Wiener (H'). Tingkat kualitas udara berdasar pada diversitas *lichen* dan *index of atmospheric purity* (IAP) secara kuantitatif. Penelitian dilakukan pada bulan Agustus–September 2023 di Gembira Loka Yogyakarta. *Lichen* diamati dengan mengeksplorasi titik pengamatan pada empat stasiun yang dipilih secara *purposive* berdasarkan perbedaan kondisi ekologi dan aktivitas antropogenik. Sebanyak 19 spesies dari 14 famili *lichen* berhasil diidentifikasi dengan tipe talus *crustose* dan *foliose*. Diversitas *lichen* di Gembira Loka Yogyakarta termasuk dalam kategori sedang dengan nilai H' sebesar 2,49. Nilai IAP menunjukkan bahwa tingkat polusi udara di Gembira Loka termasuk dalam kategori moderat dengan rata-rata nilai 30,61. Diversitas *lichen* semakin berkurang seiring dengan semakin jarang densitas pohon dan semakin dekat lokasi dengan sumber polusi dari jalan raya.

Kata kunci: bioindikator, Gembira Loka, kualitas udara, *lichen*.

**LICHEN DIVERSITY AS A BIOINDICATOR OF AIR
QUALITY IN THE *EX-SITU* CONSERVATION AREA OF
GEMBIRA LOKA YOGYAKARTA**

Shaffa Nafisha
19106040019

ABSTRACT

Lichen is an organism formed of fungi (mycobiont) and algae (photobiont) in symbiotic mutualism. Due to its simple structure, lichen lacks cuticle, vascular tissue, and stomata, making it excellent bioindicator for assessing air quality. Air quality in Gembira Loka, an ex-situ conservation areas located in the urban and commercial areas of Yogyakarta city, was assessed using lichen bioindicators based on their diversity and composition. Lichen diversity was measured by lichen abundance (LA) and Shannon diversity index (H'). The level of air quality was determined by lichen diversity and index of atmospheric purity (IAP) quantitatively. The research was conducted in August–September 2023 at Gembira Loka Yogyakarta. Lichens were observed by exploring observation points at four stations that were purposively selected based on differences in ecological conditions and anthropogenic activity. Total of 19 lichen species were identified from 14 families, characterized by crustose and foliose thallus types. The lichen diversity in Gembira Loka was categorized as moderate with an H' value of 2,49. The IAP value shows that pollution in Gembira Loka is in the moderate category with the average value 30,61. The diversity of lichen decreases with the rarity of trees and the proximity of the location to pollution sources from the highway.

Keywords: air quality, bioindicator, Gembira Loka, lichen.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Biologi <i>Lichen</i>	5
1. Struktur Morfologi <i>Lichen</i>	5
2. Anatomi Talus <i>Lichen</i>	8
3. Klasifikasi <i>Lichen</i>	8
4. Habitat <i>Lichen</i>	11
5. Perkembangbiakan <i>Lichen</i>	13
B. Kajian Diversitas	15
1. Diversitas <i>Lichen</i>	15
2. Indeks Diversitas	16
C. <i>Lichen</i> sebagai Bioindikator Kualitas Udara	16
D. Gembira Loka Zoo	18

1. Sejarah Singkat Gembira Loka Zoo	18
2. Letak Geografis Gembira Loka Zoo	20
3. Visi dan Misi Gembira Loka Zoo	20
4. Potensi Keanekaragaman Flora dan Fauna	21
BAB III METODE PENELITIAN	22
A. Waktu dan Tempat	22
B. Alat dan Bahan	23
C. Prosedur Kerja	23
1. Observasi Lapangan	23
2. Pembagian Lokasi	24
3. Pengambilan Data <i>Lichen</i>	24
4. Identifikasi	25
5. Parameter Lingkungan	25
D. Analisis data	25
1. Indeks Diversitas Shannon-Wiener	25
2. Frekuensi Penemuan	26
3. Indeks Skala Penutupan	26
4. Indeks Ekologis	27
5. <i>Index of Atmospheric Purity (IAP)</i>	27
6. Kualitas Udara berdasarkan <i>Lichen</i>	28
7. Monitoring <i>Air Quality Index</i> dan $PM_{2.5}$	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
A. Diversitas <i>Lichen</i>	29
B. Indeks Diversitas <i>Lichen</i>	41
C. Pengukuran Parameter Lingkungan	42
D. Kualitas Udara berdasarkan <i>Lichen</i>	49
BAB V PENUTUP	60
A. Kesimpulan	60
B. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	68

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kriteria indeks Shannon-Wiener (H')	26
Tabel 2. Kriteria indeks skala penutupan (C)	27
Tabel 3. Kriteria <i>index of atmospheric purity</i> (IAP)	27
Tabel 4. Kriteria indeks kualitas udara dan $PM_{2.5}$	28
Tabel 5. Jenis <i>lichen</i> yang ditemukan di Gembira Loka Yogyakarta.....	29
Tabel 6. Indeks diversitas (H') <i>lichen</i> di kawasan Gembira Loka Yogyakarta	41
Tabel 7. Jenis pohon yang ditumbuhi <i>lichen</i> di kawasan Gembira Loka.....	46
Tabel 8. Nilai IAP di kawasan konservasi <i>ex-situ</i> Gembira Loka Yogyakarta.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Haematomma puniceum</i> (Jym Own Work)	6
Gambar 2. <i>Graphis scripta</i> (Rambyrum iNaturalist)	6
Gambar 3. <i>Xantoria elegans</i> (Jerzy Opiola)	6
Gambar 4. <i>Peltigera malacea</i> (Damien Ertz)	6
Gambar 5. <i>Usnea longgisima</i> (Methuselah iNaturalist)	7
Gambar 6. <i>Cladonia perforata</i> (BLM Photo)	7
Gambar 7. <i>Psora perforata</i> (Marcela Caceres)	7
Gambar 8. <i>Cladonia carneola</i> (Williem van Kruijsbergen)	7
Gambar 9. <i>Dermatocarpon</i> (Jym Own Work)	9
Gambar 10. <i>Verrucaria</i> (Jerzy Opiola)	9
Gambar 11. <i>Usnea</i> (Sarah Madaus)	9
Gambar 12. <i>Parmelia</i> (Jym Own Work)	9
Gambar 13. <i>Lichenompalia</i> sp. (James Lindsey)	10
Gambar 14. <i>Cystocoleus ebeneus</i> (Samuel Brinker)	10
Gambar 15. <i>Lepraria</i> sp. (Troy McMullin)	10
Gambar 16. <i>Ephebe lanata</i> (Stephen Sharnoff)	11
Gambar 17. <i>Collema</i> sp. (Jason Hollinger)	11
Gambar 18. <i>Parmelia sulcata</i> (James Lindsey)	11
Gambar 19. <i>Buellia disciformis</i> (James Lindsey)	12
Gambar 20. <i>Strigula</i> sp. (Peter de Lange)	12
Gambar 21. <i>Saxicolous lichen</i> (Rocher Trefunctec)	13
Gambar 22. Peta Gembira Loka Zoo	20
Gambar 23. Peta Lokasi Pengambilan Data	22
Gambar 24. Pembagian titik pada setiap stasiun	24
Gambar 25. Persentase frekuensi penemuan relatif <i>lichen</i> di Gembira Loka	31
Gambar 26. <i>Arthonia radiata</i>	32
Gambar 27. <i>Buellia</i> sp.	33
Gambar 28. <i>Chrysothrix candelaris</i>	33
Gambar 29. <i>Cryptothecia striata</i>	34

Gambar 30. <i>Cystocoleus ebeneus</i>	34
Gambar 31. <i>Dirinaria applanata</i>	34
Gambar 32. <i>Flavoparmelia caperata</i>	35
Gambar 33. <i>Graphis scripta</i>	35
Gambar 34. <i>Lepraria lobificans</i>	36
Gambar 35. <i>Parmelia</i> sp.....	36
Gambar 36. <i>Parmotrema arnoldii</i>	37
Gambar 37. <i>Pertusaria</i> sp.....	37
Gambar 38. <i>Phaeographis</i> sp.	38
Gambar 39. <i>Phlyctis argena</i>	38
Gambar 40. <i>Phycia</i> sp.	38
Gambar 41. <i>Phyllopsora</i> sp.	39
Gambar 42. <i>Pyrenula</i> sp.....	39
Gambar 43. <i>Ramboldia</i> sp.	40
Gambar 44. <i>Trypethelium eluteriae</i>	40
Gambar 45. Suhu udara di kawasan konservasi <i>ex-situ</i> Gembira Loka	43
Gambar 46. Kelembapan udara di kawasan konservasi <i>ex-situ</i> Gembira Loka ...	44
Gambar 47. Intensitas cahaya di kawasan konservasi <i>ex-situ</i> Gembira Loka	45
Gambar 48. Kondisi lingkungan di sekitar lokasi pengambilan data.....	49
Gambar 49. Komposisi <i>lichen</i> berdasarkan talus	50
Gambar 50. Grafik <i>monitoring</i> nilai AQI di Gembira Loka.....	55
Gambar 51. Grafik <i>monitoring</i> nilai PM di Gembira Loka.....	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Perhitungan	68
Lampiran 2. Surat Izin Penelitian dari Kampus	74
Lampiran 3. Surat Keterangan Penelitian dari Gembira Loka Zoo.....	75
Lampiran 4. Berita Acara Seminar Proposal.....	76
Lampiran 5. Berita Acara Ujian Tugas Akhir	77
Lampiran 6. Dokumentasi	78



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Unsur alam yang esensial bagi keberlangsungan makhluk hidup di bumi salah satunya adalah udara. Kualitas udara dapat memengaruhi kualitas lingkungan dan kesehatan makhluk hidup di suatu lingkungan. Konsentrasi polutan yang tinggi di udara dapat memberikan dampak buruk terhadap kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan (Kinanta, 2023). Kualitas udara merupakan problem lingkungan yang kini sedang menjadi sorotan global. Perubahan iklim yang kian di luar prediksi dan pemanasan global yang kian meningkat menjadi sinyal dari adanya problem lingkungan yang semakin serius.

World Health Organization (WHO) mengklaim bahwa kualitas udara yang buruk menjadi penyebab kematian terbesar keempat di dunia. Menurut Blacksmith Institute, problem kualitas udara paling buruk di dunia berada pada wilayah urban (Utari, 2020). Aktivitas antropogenik dengan mobilitas yang tinggi membuat jejak emisi udara pada wilayah urban menjadi sangat tinggi. Polusi udara berasal dari sumber polutan primer seperti emisi dari transportasi dan kegiatan industri, serta sumber polutan sekunder seperti reaksi kimia dengan polutan lainnya. Polutan primer meliputi NO₂, SO₂, dan CO, sedangkan polutan sekunder meliputi O₃, asam sulfat, dan aerosol amonium nitrat (Schraufnagel, *et al.* 2019; Manisalidis, *et al.* 2020).

Gembira Loka Zoo merupakan salah satu kawasan konservasi yang berada di tengah kota Yogyakarta. Secara strategis, Gembira Loka Zoo terletak di wilayah urban dan komersil yang memiliki aktivitas antropogenik dengan mobilitas yang cukup tinggi. Gembira Loka Zoo merupakan destinasi ekowisata dari hasil upaya konservasi *ex-situ*, sehingga memiliki potensi keberagaman flora dan fauna yang terjaga. Sebagaimana visi dan misinya, Gembira Loka Zoo melestarikan dan menjaga kemurnian genetik flora dan fauna sesuai dengan habitat alamnya, sehingga dapat bermanfaat bagi alam dan kehidupan manusia.

Monitoring kualitas udara di kawasan Gembira Loka Zoo yang berada di wilayah urban dapat dilakukan dengan menggunakan *lichen* sebagai bioindikator. *Lichen* merupakan organisme asosiasi dari fungi (*mycobiont*) dan alga (*photobiont*) yang bersimbiosis secara mutualisme. *Lichen* memiliki peranan vital dalam tatanan ekosistem. *Lichen* dapat hidup di lingkungan yang rusak dan berperan dalam proses pelapukan batu, sehingga menjadi pionir vegetasi yang pada akhirnya dapat mendukung pertumbuhan organisme lainnya. Selain itu, *lichen* dapat berperan sebagai bioindikator kualitas udara di suatu lingkungan karena memiliki kepekaan yang tinggi terhadap perubahan lingkungan (Purvis, 2000; Haeryn, 2012; Trianto *et al.*, 2020).

Lichen telah familiar digunakan sebagai agen bioindikator dalam studi *monitoring* lingkungan. Bieri mengemukakan bahwa *lichen* memiliki ciri khas pada anatominya berupa struktur vegetatif dalam bentuk talus dengan rasio permukaan yang sangat tinggi. *Lichen* tidak memiliki kutikula, stomata, dan pembuluh konduktif sebagaimana pada tumbuhan vaskular, sehingga udara yang berasal dari atmosfer dapat terakumulasi secara langsung pada talus tanpa proses filtrasi (Dhaouadi *et al.*, 2022). Oleh karena itu, *lichen* memiliki kepekaan yang tinggi terhadap dampak polutan yang ada di atmosfer (Purvis, 2000; Cobanoglu G., 2020).

Respon *lichen* terhadap polusi udara telah dikaji selama beberapa dekade dengan meninjau diversitas dan komposisi *lichen* dalam suatu ekosistem (Conti *et al.*, 2016; Cobanoglu G., 2020; Tanona dan Pawel, 2020). Azlan Abas (2021) melakukan *review* 143 jurnal secara sistematis, berdasarkan hasil tinjauannya, studi penggunaan *lichen* sebagai agen bioindikator telah meningkat dalam selama satu dekade terakhir. Fokus studi yang mendominasi dilakukan pada kawasan urban, industri, dan pembuangan limbah yang kemudian dilakukan komparasi terhadap kawasan yang asri. *Monitoring* lingkungan menggunakan bioindikator *lichen* menjadi salah satu alternatif yang reliabel dan juga *low-cost*.

Menurut Purvis (2000) dan Jovan (2008), *lichen* dapat dijumpai pada daerah dengan kondisi udara yang bersih maupun kondisi udara yang tercemar, kondisi udara tersebut ditunjukkan dengan diversitas *lichen* yang berbeda di suatu

lingkungan. *Lichen* jenis *fruticose* merupakan *lichen* yang toleransinya rendah dan akan pertama kali hilang ketika terpapar udara tercemar. Sementara itu, tipe *crustose* merupakan *lichen* yang toleransinya tinggi terhadap pencemaran udara yang terjadi, sehingga mudah dijumpai di berbagai kondisi lingkungan.

Jika kualitas udara di suatu lingkungan telah menurun maka beberapa jenis *lichen* akan menghilang. Penurunan kualitas udara ini salah satunya disebabkan oleh aktivitas antropogenik. Beberapa jenis *lichen* yang dapat dijadikan bioindikator pencemaran udara misalnya *Parmelia*, *Hypogymnia*, dan *Strigula* (Pratiwi, 2006). Studi kasus yang dilakukan di Thailand oleh Conti dan Cecchetti (2001) mengindikasikan bahwa terdapat 7 jenis *lichen* dari sekitar 20 pohon yang dijadikan sampel yang ditemukan di daerah yang terpolusi yaitu *Buelia punctata*, *Laurera bengaulensis*, *Lecanora paliida*, *D. picta*, *Trypethelium tropicum*, *Graphis liberta*, dan *Cryptothecia* sp.

Berdasarkan kondisi ekologis Gembira Loka Zoo, kawasan ini memiliki peluang akan keragaman *lichen* dengan lingkungannya yang berada di wilayah urban, dekat dengan aktivitas lalu lintas yang padat, serta kegiatan penangkaran hewan yang berkelanjutan. Berdasarkan data pada laman *United States Forest Service* (USFS) mengenai *lichen* dan polusi udara serta *OPAL United Kingdom Explore Nature* (2015) mengenai survei kualitas udara, sektor kegiatan lalu lintas menyumbang sebagian besar emisi yang berasal dari kendaraan bermotor berupa karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), hidro karbon (HC), sulfur dioksida (SO₂), timah hitam (Pb), dan karbon dioksida (CO₂). Selain itu, kegiatan yang berkaitan dengan peternakan menyumbang sebagian besar emisi nitrogen berupa amonia (NH₃) yang berasal dari kotoran hewan. Hal tersebut menjadi faktor yang berpengaruh terhadap diversitas *lichen* dan kualitas udara di suatu kawasan. Berdasarkan pemaparan latar belakang di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“Diversitas *Lichen* sebagai Bioindikator Kualitas Udara di Kawasan Konservasi *Ex-situ* Gembira Loka Yogyakarta”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, beberapa poin yang digarisbawahi yaitu:

1. Bagaimana diversitas *lichen* di kawasan konservasi *ex-situ* Gembira Loka Yogyakarta?
2. Bagaimana kualitas udara berdasarkan diversitas spesies *lichen* di kawasan konservasi *ex-situ* Gembira Loka Yogyakarta?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, beberapa poin dari tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui diversitas *lichen* di kawasan konservasi *ex-situ* Gembira Loka Yogyakarta.
2. Mengetahui kualitas udara berdasarkan diversitas *lichen* di kawasan konservasi *ex-situ* Gembira Loka Yogyakarta.

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan uraian di atas, manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu:

1. Secara Teoritis
Penelitian ini dapat menjadi perbendaharaan karya ilmiah terkait diversitas *lichen* dan kualitas udara, serta dapat menjadi parameter untuk penelitian selanjutnya dengan konteks yang lebih mendalam.
2. Secara Praktis
Penelitian ini dapat menjadi sumber informasi mengenai kualitas udara dan kondisi ekologis di kawasan konservasi *ex-situ* Gembira Loka Zoo, serta dapat menjadi acuan dalam meninjau langkah konkrit untuk menjaga keberlangsungan upaya konservasi yang berkelanjutan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, total 19 spesies *lichen* dari 14 famili ditemukan di kawasan konservasi *ex-situ* Gembira Loka Yogyakarta. Diversitas *lichen* di kawasan konservasi *ex-situ* Gembira Loka Yogyakarta termasuk kategori sedang dengan nilai indeks diversitas (H') sebesar 2,49. Diversitas *lichen* menurun seiring dengan dekatnya lokasi terhadap sumber polusi di jalan raya. Nilai rata-rata *Index of Atmospheric Purity* (IAP) sebesar 30,86 dan hasil *monitoring* nilai rata-rata *Air Quality Index* (AQI) sebesar 68,75. secara kuantitatif menunjukkan kualitas udara di kawasan konservasi *ex-situ* Gembira Loka Yogyakarta secara keseluruhan termasuk dalam kategori moderat.

B. Saran

Kajian pada penelitian terkait penggunaan *lichen* sebagai bioindikator kualitas udara ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menganalisis polutan yang terakumulasi pada talus *lichen*, sehingga dapat diketahui zat-zat pencemar yang memengaruhi kualitas udara di suatu lingkungan.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas dan Awang. (2017). Air pollution assessments Using *Lichen* Biodiversity Index (LBI) in Kuala Lumpur Malaysia. *EM International*. 36(2): 241–248.
- Agnan Y., Probst A., dan Séjalon-Delmas N. (2017). Evaluation of *Lichen* Species Resistance to Atmospheric Metal Pollution by Coupling Diversity and Bioaccumulation Approaches: A New Bioindication Scale for French Forested Areas. *Ecological Indicators*. 72: 99–110. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.08.006.
- Air Quality and *Lichens* Bio-indicators. <https://air-quality.org.uk/>. diakses pada 20 September 2023.
- Amien, Rifai. (2004). *Kamus Biologi*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Asta J., Erhardt W., Ferretti M., *et al.* (2002). Mapping *Lichen* Diversity as an Indicator of Environmental Quality. In: Nimis PL., Scheidegger C., Wolseley P (eds.), *Monitoring Air Quality with Lichens*. Kluwer Academic Dordrecht. pp 273–279. DOI: 10.1007/978-94-010-0423-7_19.
- Baron, G. (1999). *Understanding Lichens*. Inggris: The Richmond Publishing Co.ltd. England.
- Belguidoum, A., Rima Haichour, Takia Lograda, dan Messaoud Ramdani. (2022). Biomonitoring of Air Pollution by *Lichen* Diversity in The Urban Area of Setif, Algeria. *Biodiversitas*. 23(2): 970–981. DOI: 10.13057/biodiv/d230240.
- BNPB. (2023). Data Bencana Indoneisa. [Badan Nasional Penanggulangan Bencana - BNPB](#) diakses pada 20 September 2023.
- Boonpragob, K. (2003). Using *Lichens* as Bioindicator of Air Pollution. <http://www.nfofile.pcd.go.thair31.LichenAcidDep.pdf>.
- Bordeaux, C.Z. (2015). *Keanekaragaman Lumut Kerak sebagai Bioindikator Kualitas Udara di Kebun Raya Cibodas, Kebun Raya Bogor dan Ecopark-Lipi Cibinong*. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- British *Lichen* Society. [Identification | The British Lichen Society](#) diakses pada 20 September 2023.
- Brodo, Irwin M. (2006). *Keys for Lichens of North America*. Canada: Yale University Press.

- Brodo, Irwin M., Robert Cameron, Heather Andrachuk, dan Brian Craig. (2001). *Identifying Lichens of Nova Scotia*. Canada: Yale University Press
- Bungartz, F., R Rosentreter, dan TH Nash III. (2002). *Field Guide to Common Epiphytic Macrolichens in Arizona*. USA: Arizona State University.
- Chuquimarca L., Gaona F., Iñiguez-Armijos C., dan Benítez A. (2019). *Lichen Responses to Disturbance: Clues for Biomonitoring Land Use Effects on Riparian Andean Ecosystems*. *Diversity*. 11: 73. DOI: 10.3390/d11050073.
- Cobanoglu Ozyigitoglu, G. (2020). Use of *Lichens* in Biological Monitoring of Air Quality. In: Shukla, V., Kumar, N. (eds) *Environmental Concerns and Sustainable Development*. Singapura: Springer, Singapore. pp 61–95. DOI: 10.1007/978-981-13-5889-0_3.
- Conti M.E., R. Jasan, M.G. Finoia, I. Iavicoli, R. Plá. (2016). Trace Elements Deposition in the Tierra del Fuego Region (South Patagonia) by Using *Lichen* Transplants After The Puyehue-Cordón Caulle (North Patagonia) Volcanic Eruption in 2011. *Environmental Science and Pollution Research*. 23(7): 6574–6583.
- Conti, M., & Cecchetti, G. (2001). Biological Monitoring: *Lichens* as Bioindicators of Air Pollution Assessment-a Review. *Environmental Pollution*. 471–492.
- D. Driejana, Andi Iin N.K., dan Muhayatun S. (2020). Komposisi Kimia Pencemar Partikulat Kasar dan Halus di DKI Jakarta Pada Musim Hujan dan Musim Kemarau. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 18(3): 522–530.
- Dhaouadi, S., Nouredine Khalloufi, Khaoula Ayati, Nesrine Ayeb, Mustapha Béjaoui. (2022). Use of *Lichen* Species for Air Pollution Biomonitoring: Case of Dar-Chichou Forest (Cap-Bon, North-East Tunisia). *Environmental and Sustainability Indicators*. 16: 1–9. 100211, ISSN 2665-9727, DOI: doi.org/10.1016/j.indic.2022.100211.
- DLHK. (2023). Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Kota Yogyakarta. [Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta \(jogjakota.go.id\)](https://dinaslingkunganhidupkota.yogyakarta.go.id). diakses pada 20 September 2023
- Elix, A. John. (2009). *Ramboldia*. *Flora of Australia*. Volume 57.
- Firdausy, F., Dadang M.U., dan Septiana H. (2020). Aktivitas transportasi yang memengaruhi kadar CO pada kawasan perumahan sorowajajar. *Planning for Urban Region and Environment*. 9(1): 69–76.

- Giordani, P. (2007). Is the Diversity of Epiphytic *Lichens* A Reliable Indicator of Air Pollution? A Case Study From Italy. *Environmental Pollution*. 146: 317–323. DOI: 10.1016/j.envpol.2006.03.030.
- Gregory, L., Smith, dan Thomas R Baker. (2003). *Lichen* as Bioindicator. *Environmental Science*. pp. 16–19.
- Hadiyati, M., Setyawati, T.R. & Mukarlina. (2013). Kandungan Sulfur dan Klorofil *Thallus Lichen Parmelia* sp. dan *Graphis* sp. pada Pohon Peneduh Jalan di Kecamatan Pontianak Utara. *Protobiont*. 2(1): 12–17.
- Hardianto, R.I. (2015). *Respon Lumut Kerak pada Vegetasi Pohon sebagai Bioindikator Pencemaran Udara di Kawasan Industri Jakarta Timur*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Hasanuddin. (2014). *Botani Tumbuhan Rendah*. [Skripsi]. Banda Aceh: UIN Ar-Raniry.
- Hauck M., Hesse V., Jung R., Zoller T., dan Runge M. (2001). Long-distance Transported Sulphur as a Limiting Factor for the Abundance of *Lecanora conizaeoides* in Montane Spruce Forests. *Lichenologist*. 33(3): 267–269.
- Indriyanto. (2012). *Ekologi Hutan*. Jakarta: PT Bumi Aksara
- James P.W., Hawksworth D.L., dan Rose F. (1977). *Lichen Communities in the British Isles: A Preliminary Conspectus*. *Lichen Ecology* (eds. M.R.D. Seaward). London: Academic Press.
- Jasimatika. (2019). *Keanekaragaman Lichen di Kawasan Geothermal Kecamatan Wih Pesam Kabupaten Bener Meriah sebagai Referensi Mata Kuliah Mikologi*. [Skripsi]. Banda Aceh: Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Jovan, S. (2008). *Lichen Bioindication of Biodiversity, Air Quality, and Climate : Baseling Results from Monitoring in Washington, Oregon, and California*. Portland: United States of Department of Agriculture.
- Kantvilas, G., dan John A. Elix. (2007). The Genus *Ramboldia* (Lecanoraceae): A New Species, Key, and Notes. *The Lichenologist*. 38(2): 135–141. DOI:10.1017/S0024282907006469.
- Kelly, Alison M. (2006). *Guide to Common Macrolichens and Bryophytes of the Umatilla National Forest*. United States: Department of Agriculture Forest Service.
- Kinanta, Valentina R. (2023). *Pencemaran Polusi Udara*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Kuldeep, S., & Prodyut, B. (2015). *Lichen as a Bioindicator Tool for Assessment*

of Climate and Air Pollution Vulnerability: Review. International Research Journal of Environment Sciences, 107-117.

- Kurniawati, *et al.* (2017). Indikator Pencemaran Udara berdasarkan Jumlah Kendaraan dan Kondisi Iklim (Studi di Wilayah Terminal Mangkang dan Terminal Penggaron Semarang). *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*. 2(12).
- Kuzma L., Dabrowski E.J., Kurasz A., *et al.* (2020). The 10 Year Study of the Impact of Particulate Matters on Mortality in Two Transit Cities in North-Eastern Poland (PL-PARTICLES). *J Clin Med*. 9.
- Laksono, A. (2016). *Identifikasi Jenis Lichen Sebagai Bioindikator Kualitas Udara di Kampus Institut Agama Islam Negeri Raden Intan Lampung*. [Skripsi]. Lampung: IAIN Raden Intan.
- Laundon, J.R. (1981). The Species of *Chrysothrix*. *The Lichenologist*. 13(2): 101–121. doi:10.1017/s0024282981000169
- LeBlanc, S.C.F. dan Sloover, J.D. (1970). Relation Between Industrialization and The Distribution and Growth of Epiphytic Lichens and Mosses in Montreal. *Canadian Journal of Bot*. 48: 1485–1496.
- Lichen Portal. Consortium of *Lichen Herbaria*: Building a Global Consortium of Bryophytes and *Lichens* as Keystones of Cryptobiotic Communities. [Consortium of Lichen Herbaria \(lichenportal.org\)](http://lichenportal.org). diakses pada 20 September 2023.
- Lukitasari, M. (2018). Mengenal Tumbuhan Lumut (*Bryophyta*) dan Cara Mempelajarinya. In *Paper Knowledge. Toward a Media History of Documents* (Issue May 2018).
- Mafaza, H., Murningsih, dan Jumari. (2019). Keanekaragaman Jenis *Lichen* di Kota Semarang. *Life Science*. 8(1): 10–16.
- Manisalidis I., Stavropoulou E., Stavropoulos A., *et al.* (2020). Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Front Public Heal*. 8: 14.
- Mulligan, L. (2009). *An Assessment of Epiphytic Lichens, Lichen Diversity and Environmental Quality in the Semi-natural Woodlands of Knocksink Wood Nature Reserve Enniskerry, County Wicklow*. [Tesis]. Irlandia: Dublin Institute of Technology.
- Munir, M., Arief R.M., dan Badaruddin B. (2018). Hubungan Cuaca dan Konsentrasi PM₁₀ (Studi Kasus di Kota Banjarbaru). *Enviroscienteeae*. 14(1): 46. DOI: 10.20527/es.v14i1.4894

- Murningsih dan Mafaza, H. (2016). Jenis-Jenis *Lichen* di Kampus Undip Semarang. *Bioma*. 18(1): 20–29.
- Muvidha, Azmil. (2020). *Lichen di Jawa Timur*. Tulungagung: Akademia Pustaka.
- Nailufa, L. E., Laelasari, I., Fitriani, M., & Paramadina, A. (2021). Morfologi Tipe Thalus *Lichen* Sebagai Bioindikator Pencemaran Udara di Kudus. *Bioma*. 3(1): 36–42.
- Nayanakantha, N.M.C. dan Gajameragedara S. (2003). A Survey of *Lichens* in the Kandy Municipal Region. *Ceylon Journal of Science: Biological Sciences*. 31: 35–41.
- Nigam, S., B.P.S. Rao, N Kumar, dan V.A. Mhaisalkar. (2015). *Air Quality Index – A Comparative Study for Assessing the Status of Air Quality*. *Research J. Engineering and Tech.* 6(2): 1–8. DOI: 10.5958/2321-581X.2015.00041.0
- OPAL. (2015). *Lichen Identification Guide*. [AIR-App-chart.pdf \(imperial.ac.uk\)](#) diakses pada 12 Desember 2022.
- Pestiaux, Lucie. (2021). *Urban Lichen Identification Guide*. [LUCIE 2 pics 1 page \(ed.ac.uk\)](#). diakses pada 12 Desember 2022.
- Pratiwi, M. E. (2006). *Kajian Lumut Kerak Sebagai Bioindikator Kualitas Udara Studi Kasus: Kawasan Industri Pulo Gadung, Arboretum Cibubur dan Tegakan Mahoni Cikabayan*. Bogor: IPB Press.
- Pratiwi, Yolanda E., Feni Fitriani T., Januar Habibi, dan Adityi Wibowo. (2023). The Impact of Particulate Matter on the Respiratory System. *Journal of Respiriology*. 9(3): 237–245. DOI: 10.20473/jr.v9-I.3.2023.237-245.
- Purvis, William. (2000). *Lichens*. London: The Natural History Museum.
- Ramdani, M., Fatima Adjiri, dan Takia Lograda. (2019). Relationship Between *Lichen* Diversity and Air Quality in Urban Region in Bourdj Bou Arriridj, Algeria. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 20(8): 2329–2339. DOI: 10.13057/biodiv/d200831.
- Roziaty, E., Santhyani, Annur I.K., dan M. Iqbal B.A. (2021). Keanekaragaman *Lichen* sebagai Bioindikator Kualitas Udara di Kawasan Kota Surakarta, Jawa Tengah. *Bioeksperimen*. 7(2): 66–73.
- Roziaty, Efri. (2016). Identifikasi Lumut Kerak (*Lichen*) di Area Kampus Universitas Muhammadiyah Surakarta. *Proceeding Biology Education Conference*. 13(1): 2528-5742.

- Roziaty, Efri. (2016). Kajian *Lichen*: Morfologi, Habitat, dan Bioindikator Kualitas Udara Ambien Akibat Polusi Kendaraan Bermotor. *Bioeksperimen*. 2(1): 54–66.
- Santoso M., Lestiani D.D., Kurniawati S., *et al.* (2019). Elemental Composition of Particulate Matter Air Pollution Collected Around Industrial Area in East Java. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 303: 12036.
- Santoso M., Lestiani D.D., Damastuti E., *et al.* (2020). Long Term Characteristics of Atmospheric Particulate Matter and Compositions in Jakarta, Indonesia. *Atmos Pollut Res*. 11: 2215–2225.
- Schraufnagel D.E., Balmes J.R., Cowl C.T., *et al.* (2019). Air Pollution and Non-communicable Diseases: A Review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 1: The Damaging Effects of Air Pollution. *Chest*. 155: 409–416.
- Seaward, M. R. D. (2008). *Lichen Biology*. Cambridge: Cambridge Press University.
- Seed, L., Wolseley, P., Gosling, L., Davies, L., dan Power, S.A. (2013). Modelling Relationships Between *Lichen* Bioindicators, Air Quality and Climate on A National Scale: Results From the UK OPAL Air Survey. *Environmental Pollution*. 182: 437–447.
- Shukla, V., D. K. Upreti dan Bajpai, R. (2014). *Lichen to Biomonitor the Environment*. India: Springer.
- Silprasit, K., Thipwarin R., dan Sirikul T. (2023). *Index of Atmospheric Purity (IAP) Related to Potential Ecological Risk Indexes (RI) of Heavy Metals Accumulation in Urban Area*. *Current Applied Science and Technology*. DOI: 10.55003/cast.2023.254863
- Soegianto, A. (1994). *Ekologi Kuantitatif*. Surabaya: Usana Offset.
- Stokeley, Frances. (2016). *Lichen: Making the Invisible Visible (an Air Pollution Survey)*. stories.rbge.org.uk/wp-content/uploads/2016/04/Lichens-Making-the-Invisible-Visible-An-Air-Pollution-Survey.pdf diakses pada 12 Desember 2022.
- Sujetoviene, Gintare. (2015). Monitoring *Lichen* as Indicators of Atmospheric Quality. Dalam 4. Upreti, D.K., *et al.*, *Recent Advances in Lichenology* (pp. 87–108). Springer India Pvt. Ltd.
- Sulaju, A.P., Hardwinarto, S., Boer, C., dan Sunaryono. (2015). Identifikasi Pohon Inang Epifit di Hutan Bekas Tebangan pada Dataran Rendah Daerah Aliran Sungai (DAS) Malinau. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*. pp. 1–6.

- Supriati, R. & Satriawan, D. (2013). *Keragaman Jenis Lichen di Kota Bengkulu*. Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- Suratissa DM, Rathnayake US. (2016). Diversity and Distribution of Fauna of the Nasese Shore, Suva, Fiji Island with Reference to Exixting Threats to the Biota. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*. 9(1): 11–16.
- Susilawati, P. R. (2017). *Fruticose dan Foliose Lichen di Bukit Bibi, Taman Nasional Gunung Merapi*. *Jurnal Penelitian*. 21(1): 12–21.
- Syarif, Ahmad dan Efri Roziaty. (2018). Studi *Lichen* pada Berbagai Tumbuhan Inang di Kecamatan Serengan, Kota Surakarta. *Semnas Pendidikan Biologi dan Saintek III*. ISSN: 2527–533X. pp. 356–361.
- Tanona, Magdalena, dan Pawel Czarnota. (2020). Index of Atmospheric Purity Reflects the Ecological Conditions Better than the Environmental Pollution in the Carpathian Forests. *Journal Mt. Science*. 17(11): 2691–2706.
- Tricia, Rivani dan Ana Turyanti. (2021). *Pengaruh Faktor Meteorologi terhadap Fluktuasi Konsentrasi PM_{2,5} dan PM₁₀ (Studi Kasus: Jakarta)*. [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Utari, Miya R. (2020). *Perbandingan Kualitas Udara di Wilayah Urban dan Sub Urban Berdasarkan Parameter Deposisi Kering*. [Skripsi]. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Van Haluwyn C., Asta J., Beguinot J., Botineau M., Deruelle S., Lerond M., dan Roux C. (1986). *Lichens et Environnement Quelques Travaux Français Depuis 1970*. Bulletin de la Société Botanique de France. *Actualités Botaniques*. 133(2): 81–112.
- WHO. (2021). *WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM_{2.5} and PM₁₀), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide*. Geneva PP - Geneva: World Health Organization, <https://iris.who.int/handle/10665/345329>.
- Wulandari, Dwi Y., Mohamad Iqbal F., Nadira Anggreiny, *et al.* (2022). *Keanekaragaman Plankton di Perairan Situ LSI Kampus IPB Bogor, Jawa Barat*. Repository IPB.
- Yurnaliza. (2002). *Lichen (Karakteristik, Klasifikasi, Kegunaan)*. Sumatra Utara: USU Digital Library.