



Korelasi Tingkat Layanan Jalan (LoS) Terhadap Perubahan Morfologi dan Anatomi Thalus Lichen dalam Kota Surakarta

¹Diyah Irfin Wahyuning Tiyas, ^{2*}Edwi Mahajoeno, ³Sunarto

^{1,2,3}Program Studi Biosains, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia.

*Corresponding Author e-mail: edwimahadoeno@staff.uns.ac.id

Received: March 2025; Revised: April 2025; Accepted: May 2025; Published: June 2025

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran secara morfologi dan anatomi dari thalus lichen yang tumbuh di wilayah perkotaan. Pengambilan sampel menggunakan metode eskplorasi (*Cruise Method*) dan teknik pengambilan sampel thalus lichen dilakukan secara *Purposive Sampling*. Preparasi sampel thalus lichen dilakukan dengan metode *Embedding*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa (1) Kehidupan lichen di kawan perkotaan dipengaruhi oleh beberapa factor antara lain suhu, kelembaban udara dan polutan udara yang berkorelasi dengan nilai indeks LoS di Kota Surakarta. (2) Ditemukan dua spesies yaitu *Parmelia* sp dan *Dirinaria* sp yang memiliki morfologi dan anatomi berbeda, yang disebabkan oleh karakteristik substrat lichen dan kualitas udara di kawasan tersebut. (3) Spesies *Dirinaria* sp yang ditemukan pada seluruh lokasi penelitian membuktikan bahwa spesies tersebut toleran terhadap cekaman lingkungan dan merupakan taksa yang menjadi ciri daerah perkotaan. (4) Tingkat nilai indeks LoS di Kota Surakarta juga salah satu factor yang menyebabkan perubahan salah struktur anatomi thalus lichen yaitu lapisan korteks atas. Dengan demikian, semakin tinggi nilai indeks LoS di suatu ruas jalan, maka semakin tebal ukuran ketebalan korteks thalus lichen yang tumbuh pada substrat di Kota Surakarta.

Kata Kunci: Morfologi dan anatomi, thalus; LoS; lichen; bioindikator

Abstract: This study aims to determine the morphological and anatomical description of lichen thalus growing in urban areas. Sampling using exploration method (*Cruise Method*) and lichen thalus sampling technique is done by *Purposive Sampling*. Lichen thalus sample preparation was done by *Embedding* method. The results of this study indicate that (1) The life of lichen in urban friends is influenced by several factors including temperature, humidity and air pollutants that correlate with the LoS index value in Surakarta City. (2) Two species were found, *Parmelia* sp and *Dirinaria* sp that have different morphology and anatomy, which is caused by the characteristics of lichen substrate and air quality in the area. (3) *Dirinaria* sp species found in all study sites proved that the species is tolerant to environmental stress and is a taxon that characterizes urban areas. (4) The level of LoS index value in Surakarta City is also one of the factors that cause changes in the anatomical structure of the lichen thalus, namely the upper cortex layer. Thus, the higher the LoS index value in a road section, the thicker the size of the cortex thickness of the lichen thalus growing on the substrate in Surakarta City.

Keywords: Morphology and anatomy; thalus; LoS; lichen; bioindicator

How to Cite: Tiyas, D., Mahajoeno, E., & Sunarto, S. (2025). Korelasi Tingkat Layanan Jalan (LoS) Terhadap Perubahan Morfologi dan Anatomi Thalus Lichen dalam Kota Surakarta. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(2), 832-845. doi:<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i2.15688>



<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i2.15688>

Copyright© 2025, Tiyas et al

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) License.



PENDAHULUAN

Kota Surakarta memiliki luas wilayah 46,72 km² pasca pembahasan Raperda Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Surakarta tahun 2021-2041 yang terbagi dalam 5 kecamatan yaitu : Laweyan, Banjarsari, Serengan, Jebres dan Pasar Kliwon. Penggunaan lahan berdasarkan pola ruang didominasi oleh kawasan budidaya (78,93%) terutama untuk keperluan pemukiman (61,53%) serta perdagangan dan jasa (15,51%). Pola ruang konservasi secara riil hanya tersedia 21,07% (BPS, 2022). Saat ini Kota Surakarta telah berkembang menjadi kota yang besar dengan berbagai macam fungsi yaitu sebagai pusat pemerintahan daerah, kota industri, kota perdagangan, pariwisata, dan budaya (Rahmadi, 2021).

Kota Surakarta juga memiliki kepadatan penduduk tinggi yang menyebabkan peningkatan aktivitas yang terjadi di Kota Surakarta sehingga memicu berbagai permasalahan seperti peningkatan jumlah penduduk (Aditama, 2016). Jumlah penduduk yang terus meningkat yang terjadi setiap tahun selalu diikuti dengan peningkatan volume kendaraan, sehingga polusi udara juga meningkat (Suhardono, 2020). Emisi transportasi khususnya kendaraan bermotor telah terbukti sebagai penyumbang terbesar pencemaran udara sekitar 85%. Kendaraan bermotor merupakan sumber pencemaran udara karena menghasilkan gas CO, NO_x, dan PM (*Particulate Matter*) (Suryati, 2019). Kondisi yang menggambarkan karakter wilayah adalah kawasan urban dengan intensitas antropogenik tinggi (BPS, 2022). Akibat tren emisi yang memburuk, perlu adanya pemantauan kualitas udara

Selama 50 tahun terakhir, studi biomonitoring menggunakan lichen sebagai indikator biologis telah meningkat dan diperluas dalam hal berbagai parameter, teknik pemantaua dan area pengambilan sampel sehingga menjadikan indikator biologis yang paling banyak dipelajari dan telah didefinisikan sebagai "sistem kontrol permanen" untuk menilai polusi udara (Varicca, 2022). Lichen berperan sebagai tumbuhan perintis pada lingkungan ekstrim dan sebagian besar lichen sangat sensitive terhadap gas buangan dari industri ataupun kendaraan (Kamaluddin., 2022). Struktur morfologi lichen yang tidak memiliki lapisan kutikula, stomata dan organ absorptif, memaksa lichen untuk bertahan hidup di bawah cekaman polutan yang terdapat di udara (Mafaza, 2019).

Kehidupan lichen di kawasan perkotaan salah satunya dipengaruhi oleh polutan udara di kawasan tersebut. Semakin tinggi polutan udara di suatu wilayah maka semakin tinggi juga kepadatan lalu lintas di kawasan tersebut. Tingkat kepadatan lalu lintas di suatu ruas jalan perkotaan dapat ditinjau dari nilai LoS (*Level of Service*) atau tingkat pelayanan jalan. Terjadinya peningkatan kepadatan lalu lintas setiap tahun berkorelasi dengan LoS di Kota Surakarta. LoS suatu ruas jalan adalah perbandingan antara volume lalu lintas dan kapasitas jalan. Jika volume lalu lintas rendah maka kendaraan mempunyai kecepatan rata-rata ruang yang tinggi dan sebaliknya jika volume lalu lintas tinggi maka suatu kendaraan mempunyai kecepatan rata-rata ruang yang rendah (Dipahada, 2014). Semakin lancar lalu lintas artinya kapasitas maksimum jalan belum tercapai maka LoS semakin baik. Sebaliknya, jika arus lalu lintas tinggi bahkan melewati kapasitas jalan maka Tingkat pelayanan jalan akan rendah (Arrang, 2020).

Lichen adalah simbiosis dari setidaknya satu jamur (*mycobion*) hidup dalam hubungan yang saling menguntungkan dengan ganggang fotosintesis dan atau *cyanobacteria* (Song *et al.*, 2022). Di Indonesia total spesies lichen yang telah ditemukan sebanyak 595 jenis atau 3% dari total yang ada di dunia. Lichen berperan sebagai tumbuhan perintis pada lingkungan ekstrim dan sebagian besar lichen sangat sensitif terhadap gas buangan dari industri ataupun kendaraan (Kamaluddin, 2022). Lichen memiliki tubuh yang dikenal dengan nama thalus. Secara morfologi, lichen memiliki bentuk *thalus* yang berbeda-beda. Berdasarkan tipe thalusnya lichen dikelompokkan menjadi 3, yaitu thalus *crustose* yang berbentuk seperti *crust* (seperti lapisan kulit), thalus *foliose* memiliki struktur seperti daun yang bentuknya tersusun oleh lobus-lobus dan thalus *fruticose* bentuk thalusnya berupa semak dengan banyak cabang dengan bentuknya yang seperti pita (Ulfa, 2023). Untuk struktur secara anatomi, lichen memiliki 4 bagian yaitu lapisan korteks atas, lapisan alge, lapisan medulla dan lapisan korteks bawah (Ulfa, 2023).

Kehidupan dan pertumbuhan lichen di kawasan perkotaan salah satunya dipengaruhi oleh polutan udara di kawasan tersebut. Penelitian sebelumnya

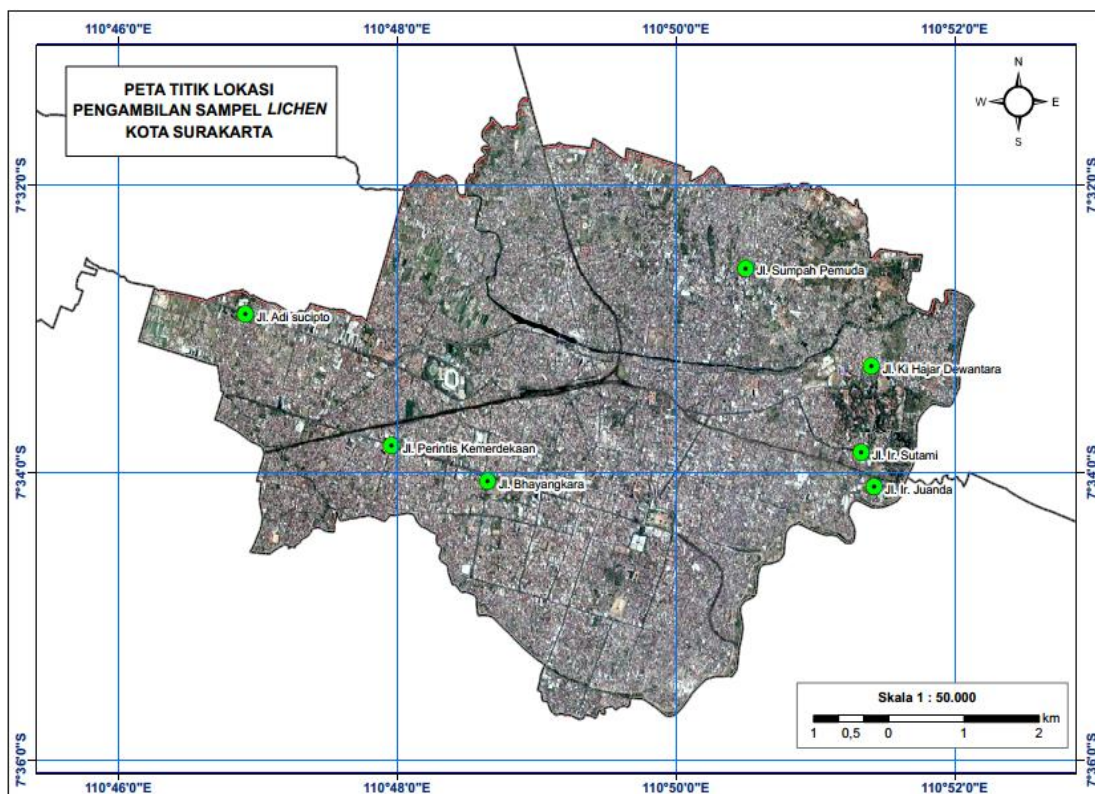
menemukan kondisi thalus *Parmelia* sp. yang berkembang di wilayah dengan kualitas udara buruk secara morfologi mengalami kerusakan (Kurniasih, 2020). Selain bentuk morfologi, polutan udara juga memengaruhi struktur anatomi dari thalus lichen. Salah satu bagian yang terpengaruh yaitu lapisan korteks atas. Pada penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa ketebalan lapisan korteks bagian atas akan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi polutan udara dan perbedaannya terlihat signifikan (Styburski, 2023).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran perbedaan secara morfologi thalus lichen meliputi warna thalus, bentuk thalus yang hidup di kawasan Kota Surakarta. Pada penelitian ini juga mengembangkan penelitian sebelumnya untuk mengetahui korelasi ukuran ketebalan lapisan korteks atas lichen yang sebelumnya telah dibuktikan bahwa lapisan korteks atas lichen mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan konsentrasi polutan udara ditinjau dari indeks nilai LoS di kawasan Kota Surakarta selama beberapa tahun terakhir dimana data tersebut didapatkan langsung dari Dinas Perhubungan (Dishub) Kota Surakarta.

METODE

Penelitian ini akan dilakukan selama periode musim pengujian yaitu pada bulan Mei-Agustus 2024. Hal tersebut berkaitan dengan keberadaan lichen dimana suhu dan kelembapan merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan thalus lichen. Lichen tumbuh optimal pada suhu kurang dari 40°C (Anwari, 2021). Menurut BMKG musim hujan di Indonesia akan terjadi di bulan Mei hingga Agustus 2024 yaitu sebanyak 445 ZOM (63,66%). Sedangkan untuk Musim Kemarau 2024 di sebagian besar wilayah Indonesia diprediksi terjadi pada bulan Juli dan Agustus 2024 yaitu sebanyak 537 ZOM (77,27%).

Titik lokasi pengambilan sampel thalus lichen jika direpresentasikan pada peta wilayah Kota Surakarta, dapat dilihat sebagaimana disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta titik lokasi pengambilan sampel thalus lichen di Kota Surakarta

Lokasi yang dijadikan titik lokasi pengambilan sampel thalus lichen di kawasan Kota Surakarta ditinjau dari nilai indeks LoS selama tahun 2021-2023 terbagi menjadi tiga titik lokasi dengan tiga kategori indeks nilai LoS yaitu tinggi, sedang dan rendah. Nilai indeks LoS tersebut didapatkan dari data Dinas Perhubungan Kota Surakarta (Dishub). Titik lokasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Titik lokasi pengambilan sampel thalus lichen di Kota Surakarta

Kategori Nilai LoS	Nama Jalan	Fungsi Jalan	Status Jalan	Kelas Jalan	Indeks nilai LoS		
					2021	2022	2023
Tinggi	Jl. Ir. Sutami	Arteri	Nasional	I	1,04	1,13	0,93
	Jl. Adi Sucipto	Arteri	Nasional	I	0,69	0,7	0,65
Sedang	Jl. Bhayangkara	Lokal	Kota	II	0,41	0,41	0,52
	Jl. Ir. Juanda	Lokal	Kota	II	0,37	0,34	0,61
Rendah	Jl. Sumpah Pemuda	Arteri	Nasional	I	0,2	0,2	0,42
	Jl. Ki Hajar Dewantara	Lokal	Kota	II	0,18	0,175	0,22
	Jl. Perintis Kemerdekaan	Lokal	Kota	III	0,16	0,205	0,25

Pada penelitian menggunakan beberapa bahan dan alat guna menunjang kelancaran dalam pengambilan sampel thalus lichen foliose. Beberapa bahan yang digunakan antara lain : sampel thalus lichen foliose yang didapatkan pada setiap titik lokasi pengambilan sampel yang telah ditentukan, larutan fiksatif FAA (Formalin-Asam Asetat Glasial-Alkohol 95%), alkohol, Safranin1%, fastgreen 0,5%. Selain bahan-bahan tersebut, beberapa alat yang digunakan saat proses pengambilan sampel thalus lichen antara lain: GPS Essentials, thermometer hygrometer digital, cutter, pisau, kertas label, plastic, scalpel lepasan, sprayer, plastic ziplock, kamera digital, scalpel lepasan, *rotary microtom*, mikroskop cahaya Olympus CX23, optilab Advance Plus.

Penelitian ini terbagi menjadi dua tahap yaitu pengambilan sampel thalus lichen dan pengamatan thalus lichen yang didapatkan dari titik lokasi pengambilan sampel. Pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan metode eskplorasi (*Cruise Method*) (Juwairiah, 2021). Untuk teknik pengambilan sampel thalus lichen dilakukan secara purposive sampling yaitu pengambilan sampel dilakukan secara sengaja yang memiliki karakteristik sesuai dengan tujuan penelitian (Anwari et al, 2021). Pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran factor abiotik seperti kelembapan udara, suhu udara menggunakan termo-hygrometer digital dan akurasi titik koordinat lokasi pengambilan sampel menggunakan GPS Essentials. Setelah sampel thalus lichen diperoleh dilakukan pengamatan thalus lichen baik secara morfologi ataupun anatomi. Pengamatan meliputi tipe thalus, warna thalus, bentuk thalus dan ukuran thalus serta dilakukan pengambilan foto untuk setiap sampel thalus yang diperoleh.

Pengamatan secara anatomi struktur thalus lichen dilakukan di Laboratorium Biologi Umum Universitas Gadjah Mada. Penyiapan preparat dari thalus lichen dilakukan dengan menggunakan *Metode Embedding* dengan langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Fiksasi organ dalam larutan fiksatif FAA (Formalin-Asam Asetat Glasial-Alkohol 95%) selama 24-48 jam. Selanjutnya dilakukan pencucian (washing) organ di dalam alkohol 70% selama 30 menit. Setelah itu dilakukan pewarnaan/staining I organ ke dalam safranin 1% selama 24 jam.
2. Setelah 24 jam pewarnaan organ dalam Safranin1% dilakukan proses dehidrasi secara bertahap dalam alkohol bertingkat naik (70%, 80%, 96%, dan 100%), masing-masing selama 30 menit. Dehidrasi dilakukan untuk mengeluarkan sisa-sisa air yang ada di dalam jaringan organ. Proses dealkoholisasi dan clearing organ

dalam larutan alkohol:xylol dengan perbandingan 3:1, 1:1, dan 1:3 masing-masing dilakukan selama 30 menit, dilanjutkan dengan merendam organ ke dalam xylol murni (2 kali), masing-masing 30 menit.

3. Tahap selanjutnya adalah parafinasi (infiltrasi) organ ke dalam campuran parafin : xylol (9:1) selama 24 jam pada oven (58°C - 60°C), selanjutnya diganti dengan parafin murni I selama 24 jam dan parafin murni II selama 1 jam di dalam oven pada suhu yang sama. Tahap selanjutnya adalah penanaman. Pembenan (Embedding) dilakukan pada cetakan dari kertas berbentuk persegi empat. Potongan jaringan dimasukkan ke dalam blok parafin di dalam cetakan, dan diatur posisinya sesuai arah jenis sayatan yang akan dibuat. Setelah mengeras, parafin dikeluarkan dari cetakan dan selanjutnya siap untuk dilakukan penyayatan.
4. Penyayatan (sectioning) dilakukan menggunakan mikrotom dengan ketebalan sayatan yaitu 6-10 μm . Pita parafin yang terbentuk dari hasil penyayatan selanjutnya akan memasuki tahap penempelan. Penempelan sayatan (affixing) adalah proses menempelkan pita-pita parafin pada gelas objek. Setelah affixing dilakukan, proses selanjutnya adalah proses pewarnaan lanjut (II). Proses penyayatan menggunakan rotary microtome.

Pewarnaan II (staining II) dimulai dari xylol murni I, xylol murni II, alkohol:xylol dengan perbandingan 1:3, 1:1, dan 3:1, alkohol 100%, alkohol 96%, alkohol 70%, alkohol 50%, dan alkohol 30% masing-masing selama 5 menit, akuades selama 2 menit, lalu pita sayatan dimasukkan ke dalam safranin 1% selama 15-30 menit. Tahap selanjutnya dilakukan dengan merendam sayatan ke dalam akuades 2 menit, alkohol bertingkat 30%, 50%, 70%, 96% masing-masing 5 menit, kemudian direndam dalam fastgreen 0,5% selama 3 menit, alkohol 100%, alkohol:xylol dengan perbandingan 3:1, 1:1, dan 1:3, xylol murni I dan xylol murni II masing-masing selama 5 menit. Tahap terakhir adalah tahap penutupan. Penutupan (mounting) dengan gelas penutup (cover glass) menggunakan Canada balsam. Preparat siap untuk diamati di bawah mikroskop (Zakiah, 2024)

Identifikasi lichen yang ditemukan dilakukan secara morfologi dan anatomi. Identifikasi morfologi menggunakan buku literature dan kunci identifikasi lichen Schumm dan Aptroot (2010). Sedangkan untuk identifikasi secara anatomis akan dilakukan pengamatan sayatan apothecia thalus lichen yang disayat menggunakan rotary mikrotom dan diamati dibawah mikroskop cahaya merk Olympus CX23 (Sofiyana, 2019). Untuk pengambilan foto anatomi dan pengukuran anatomi thalus lichen menggunakan optilab Advance Plus. Untuk hubungan nilai indeks LoS jalan dengan ukuran anatomi dari thalus lichen data dianalisis secara statistic menggunakan Uji Korelasi Pearson (*Pearson Corelation*) yang bertujuan untuk mengetahui tingkat keeratan hubungan antar variabel yang dinyatakan dengan koefisien korelasi (r). Adapun dasar pengambilan keputusan adalah sebagai berikut: 1) jika nilai Signifikansi < 0,05 maka berkorelasi, 2) jika nilai Signifikansi > 0,05 maka tidak berkorelasi. Untuk derajat korelasi dijelaskan pada Tabel 2 (Jabnabillah, 2022).

Tabel 2. Pedoman Derajat Pearson Correlation

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 - 0,199	Sangat lemah
0,20 - 0,399	Lemah
0,40 - 0,599	Sedang
0,60 - 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Lingkungan Kota Surakarta

Lichen merupakan hasil simbiosis dari dua jenis organisme makhluk hidup yang berbeda, yaitu fungi dan alga (Hutasuhut, 2021). Dalam hidupnya, lichen tidak memerlukan syarat hidup yang rumit dan mampu bertahan terhadap kekurangan air dalam jangka waktu yang lama. Lichen tumbuh sangat lambat dan umurnya panjang. Lichen yang hidup pada batuan dapat menjadi kering karena teriknya matahari, tetapi tumbuhan ini tidak mati atau dapat dikatakan dormansi dan jika turun hujan dapat hidup kembali (Ulfa, 2023). Kondisi lingkungan di Kota Surakarta juga tentunya memiliki kondisi yang berbeda-beda baik ditinjau dari suhu udara dan kelembapan udara. Beberapa penelitian terdahulu telah menyetujui bahwa suhu dan kelembapan udara berpengaruh pada kelancaran hidup lichen. Berikut parameter lingkungan titik lokasi pengambilan sampel thalus lichen di Kota Surakarta. Parameter lingkungan pada setiap titik lokasi pengambilan sampel thalus lichen dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter lingkungan titik lokasi pengambilan sampel thalus lichen

Titik Lokasi	Parameter Lingkungan		Titik Koordinat Lokasi
	Suhu Udara (°C)	Kelembapan (%)	
Jl. Perintis Kemerdekaan	29.1	64	-7.5635556, 110.7993568
Jl. Sumpah Pemuda	28.8	68	-7.5429868, 110.8416784
Jl. Ki Hajar Dewaantara	27.2	72	-7.5543678, 110.8567289
Jl. Ir Sutami	26.8	74	-7.5643011, 110.8554967
Jl. Bhayangkara	28.6	71	-7.5676855, 110.8108222
Jl. Adi Sucipto	29.5	63	-7.5483051, 110.7819509
Jl. Ir Juanda	28.1	70	-7.5675908, 110.8600330
Rata-rata	28.3	68.9	

Hasil pengukuran parameter lingkungan di wilayah Kota Surakarta dapat dilihat pada tabel diatas bahwa setiap titik lokasi pengambilan sampel thalus lichen memiliki suhu dan kelembapan udara yang berbeda-beda walaupun perbedaannya tidak terlalu signifikan di setiap titik lokasinya. Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa kawasan jalan padat lalu lintas di Kota Surakarta memiliki rentang suhu berkisar 26°C – 29°C dengan rata-rata suhu pada tujuh lokasi pengambilan sampel yaitu 28°C. Kisaran suhu tersebut masih sangat optimal untuk pertumbuhan lichen, dimana pertumbuhan lichen akan optimal pada suhu kurang dari 40°C sedangkan suhu yang berada diatas 40°C akan menghambat proses fotosintesis karena dapat merusak klorofil.

Data pada Tabel 3 di atas dapat dilihat bahwa ke tujuh titik lokasi pengambilan sampel thalus lichen memiliki kelembapan udara yang cukup tinggi dengan kisaran kelembapan yaitu 63% - 74% dengan rata-rata kelembapan dari keseluruhan lokasi yaitu 68.9%. Namun ada beberapa lokasi yang memiliki nilai kelembapan tinggi diatas 70% seperti pada lokasi di Jl. Ki Hajar Dewantara, Jl. Ir Sutami, Jl. Bhayangkara dan Jl. Ir Juanda. Kelembapan yang tinggi di lingkungan mengindikasikan bahwa area tersebut kaya akan kandungan air di udara, dan air tersebut akan diserap atau diabsorpsi oleh tumbuhan lichen dan dimanfaatkan dalam proses pertumbuhan dan reaksi metabolisme (Widodo, 2023). Sedangkan kelembapan di atas 85% dapat mengurangi efektivitas fotosintesis lichen sebesar 35-40% (Waruwu, 2022). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa keseluruhan titik lokasi pengambilan sampel merupakan lokasi yang optimal untuk pertumbuhan lichen

Morfologi Thalus Lichen

Pada penelitian ini, lichen yang ditemukan pada tiap lokasi pengambilan sampel memiliki ciri morfologi yang umumnya sama namun ada juga ciri morfologi lainnya yang berbeda. Spesies lichen yang ditemukan di lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengambilan Sampel Thalus Lichen

Lokasi	Jenis Substrat	Spesies Lichen	Spesies Lichen	Ciri Morfolgi
Jl. Ir. Sutami	Pohon Palembang	<i>Dirinaria</i> sp.		▪ Bentuk thalus lembaran dan berlipat seperti daun ▪ Warna thalus hijau pucat keabuan ▪ Pertumbuhan thalusnya tidak beraturan dan cenderung memanjang secara vertical ▪ Ukuran thalus cukup lebar dengan panjang ± 3cm dan lebar ± 4 cm.
		<i>Parmelia</i> sp.		▪ Bentuk meyerupai daun yang berlipat dengan tepi thalus berwarna putih ▪ Warna thalus cenderung lebih hijau dan segar ▪ Pertumbuhan thalusnya cenderung membulat ▪ Ukuranya cukup kecil karena pertumbuhannya menyebar. panjang ± 2cm dan lebar ± 3 cm.
Jl. Adi Sucipto	Pohon Petai Cina	<i>Dirinaria</i> sp.		▪ Bentuk meyerupai daun yang berlipat. ▪ Warna thalus abu-abu, pucat dan terlihat tidak segar. ▪ Pertumbuhan thalusnya tidak beraturan dan menyebar kecil-kecil. ▪ Bentuk thalus cenderung memanjang secara vertical ▪ Ukuran thalus lumayan kecil dengan panjang berkisar $\pm 1,5$-2cm dan lebar ± 2 cm
Jl. Bhayangkara	Pohon Beringin	<i>Dirinaria</i> sp.		▪ Bentuk meyerupai daun yang berlipat. ▪ Warna thalus hijau keaaba-abuan daan bagian tengah thalus cenderung menghitam. ▪ Pertumbuhan thalusnya tidak beraturan dan. ▪ Bentuk thalus cenderung memanjang secara vertikal ▪ Ukuran thalus lumayan kecil dengan panjang berkisar ± 2cm dan lebar $\pm 1-1,5$ cm.

Lokasi	Jenis Substrat	Spesies Lichen	Spesies Lichen	Ciri Morfolgi
Jl. Ir. Juanda	Pohon Glodokan Tiang	<i>Dirinaria</i> sp.		▪ Bentuk thalus lembaran dan berlipat seperti daun ▪ Warna thalus hijau keabu-abuaan dan pucat ▪ Pertumbuhan thalusnya tidak beraturan dan cenderung memanjang secara vertical dan menyebar. ▪ Ukuran thalus cukup besar dengan panjang ± 3 cm dan lebar ± 4 cm
Jl. Sumpah Pemuda	Pohon Glodokan Tiang	<i>Dirinaria</i> sp.		▪ Bentuk thalus lembaran dan berlipat seperti daun ▪ Warna thalus hijau pucat, keabu-abuan dan sedikit menghitam ▪ Pertumbuhan thalus tidak beraturan dan bentuknya memanjang secara vertical. ▪ Panjang thalus berkisar 1 cm dan lebar ± 3 cm
Jl. Ki Hajar Dewantara	Pohon Mangga	<i>Parmelia</i> sp.		▪ Bentuk thalus lembaran dan berlipat seperti daun ▪ Warna thalus hijau, tidak pucat dan ujung thalus berwarna keputihan ▪ Pertumbuhan thalus cenderung memanjang secara vertical dan menyebar kecil-kecil ▪ Ukuran thalus panjang ± 2 cm dan lebar ± 3 cm
		<i>Dirinaria</i> sp.		▪ Bentuk thalus lembaran dan berlipat seperti daun ▪ Warna thalus putih keabu-abuan dan pucat ▪ Pertumbuhan thalus cenderung memanjang secara vertikal dan tidak beraturan ▪ Ukuran thalus panjang ± 2 cm dan lebar ± 3 cm
Jl. Perintis Kemerdekaan	Pohon Glodokan Tiang	<i>Dirinaria</i> sp.		▪ Bentuk thalus menyerupai lipatan daun ▪ Warna thalus keabu-abuan dan pucat. Bagian tengah thalus sedikit menghitam ▪ Pertumbuhan thalusnya cenderung membulat dan terdapat retakan pada beberapa bagiannya. ▪ Ukuran thalus, panjang ± 4 cm dan lebar ± 3 cm

Berdasarkan data di Tabel di atas dapat dilihat bahwa pada keseluruhan lokasi pengambilan sampel ditemukan dua spesies yaitu *Parmelia* sp. dari famili Parmeliaceae. dan *Dirinaria* sp. dari famili Caliciaceae yang memiliki jenis thalus foliose. dimana jenis thalus tersebut berbentuk lembaran dan melekat pada substrat melalui struktur khusus yang disebut rhizine. Tipe thalus foliose memiliki bentuk bertingkat, lebar, besar, kasar dan menyerupai daun yang mengkerut dan melipat. (Nailufa, 2021). Spesies lichen yang ditemukan melekat pada substrat yang berbeda beda seperti Pohon Glodokan Tiang (*Polyathia longifolia*), Pohon Mangga (*Mangifera indica*), Pohon Petai Cina (*Leucena leucocephala*). Pohon Beringin (*Ficus benjamina*). Bentuk pertumbuhan thalus lichen yang melekat pada substrat juga bervariasi mulai dari membulat, lonjong dan cenderung memanjang secara vertical hingga berbentuk tidak beraturan. Faktor penyebab bentuk dari pertumbuhan thalus lichen tersebut terletak pada kulit batang substratnya.

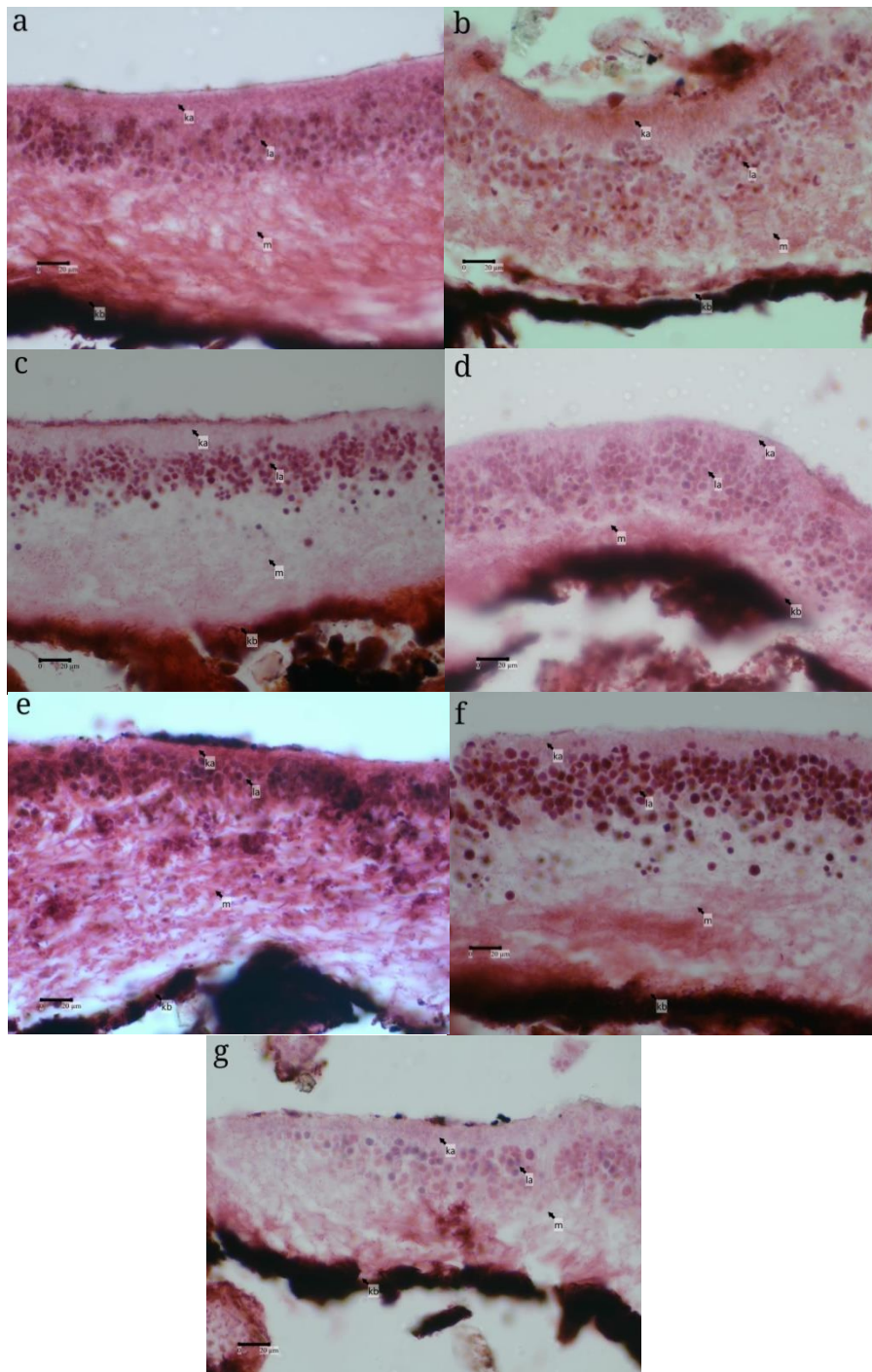
Pada tabel di atas, dapat dilihat bahwa spesies *Dirinaria* sp. yang melekat substrat pohon Glodokan Tiang cenderung memiliki bentuk tidak beraturan dibandingkan dengan spesies *Dirinaria* sp. lainnya yang melekat pada substrat pohon Palembang. Menurut (Pratiwi, 2006). Bentuk talus lichen dengan jenis yang sama dengan lokasi pengamatan yang sama dapat berbeda. Hal tersebut ditentukan oleh faktor tempat tumbuh seperti keadaan permukaan tempat tumbuh. Pada kulit permukaan batang tanaman yang tidak pecah-pecah, pertumbuhan talus lichen dapat utuh dan batas antar koloni terlihat dengan jelas. Secara umum perkembangan talus lichen akan cenderung membulat. Pada kulit batang pohon yang pecah-pecah, perkembangan bentuk talus lichen cenderung akan mengikuti pola pecahan permukaan kulit batang pohon tersebut (Nasriyati, 2018).

Selain bentuk thalus, perbedaan juga terlihat warna dari thalus lichen yang diperoleh dari lokasi pengambilan sampel. Beberapa spesies lichen yang sama namun ditemukan pada lokasi yang berbeda memiliki warna thalus yang berbeda pula. Terdapat thalus yang berwarna hijau keabu-abuan dan terlihat pucat, hijau kebiruan dan terlihat segar, putih pucat, hijau pucat dan menghitam pada bagian tepi dalam thalusnya. Hal tersebut terjadi dikarenakan substrat dan kondisi tempat tumbuh lichen yang berbeda menyebabkan adanya perbedaan respon bagi setiap lichen. Pada lokasi yang kualitas udaranya lebih baik untuk perkembangan lumut memiliki thalus lichen dengan warna yang cerah. Sebaliknya lokasi dengan kualitas udara yang rendah memiliki thalus lichen yang berwarna kusam. Namun penampakan warna thalus dari suatu jenis lichen tidak selalu memperlihatkan warna yang konsisten atau tetap, hal ini tergantung pada substrat dan kondisi tempat tumbuh talus lichen (Nasriyati, 2018).

Pada tabel hasil pengambilan sampel thalus lichen juga dapat dilihat bahwa spesies *Dirinaria* sp. Ditemukan pada keseluruhan titik lokasi pengambilan sampel mulai dari Jl.Perintis Kemerdekan, Jl. Sumpah Pemuda, Jl.Ki Hajar Dewantara, Jl.Ir Sutami, Jl. Bhayangkara, Jl.Adi Sucipto dan Jl.Ir Juanda. Spesies lichen *Dirinaria* sp. termasuk ke dalam spesies yang toleran, sehingga ditemukan di semua lokasi dengan kualitas udara yang berbeda. Lichen yang umum ditemukan di tempat – tempat yang tercemar polusi khususnya polusi akibat kendaraan bermotor salah satunya adalah jenis lichen foliose. Salah satu contohnya dari sepsis *Dirinaria picta* (Nasriyati, 2018). Penelitian lainnya juga menemukan bahwa spesies *Dirinaria* sp merupakan taksa yang menjadi ciri daerah perkotaan (Käffer, 2011). Pada beberapa penelitian sebelumnya juga menemukan karakteristik morfologi thalus lichen yang sama sesuai dengan hasil dari penelitian (Muslim., 2018; Khoerurrahmah, 2024).

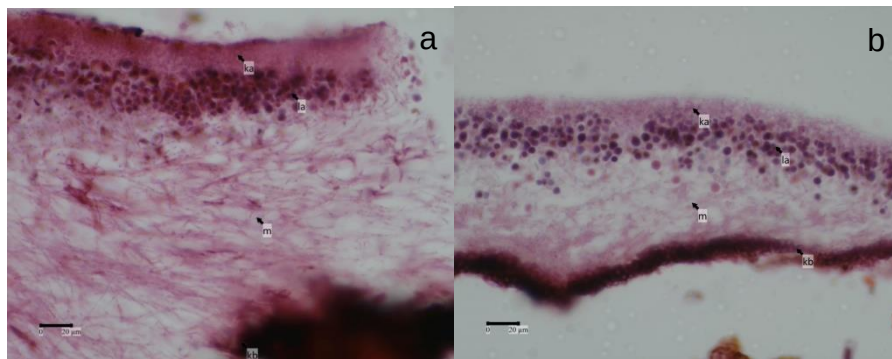
Struktur Anatomi Thalus Lichen

Selain bentuk morfologi thalus lichen, pada penelitian ini juga diamati struktur anatomi thalus lichen yang dilakukan di Laboratorium Biologi Umum, Universitas Gadjah Mada menggunakan mikroskop cahaya Olympus CX23. Hasil dari pengamatan thalus lichen spesies *Dirinaria* sp. dan *Parmelia* sp. tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur anatomi thalus lichen: (a) *Dirinaria* sp Jl. Ir Sutami, (b) *Dirinaria* sp Jl. Adi Sucipto, (c) *Dirinaria* sp Jl.Bhayangkara, (d) *Dirinaria* sp Jl. Ir Juanda, (e) *Dirinaria* sp Jl.Sumpah Pemuda, (f) *Dirinaria* sp Jl. Ki Hajar Dewantara, (g) *Dirinaria* sp Jl.Perintis Kemerdekaan.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa struktur anatomi thalus lichen terdiri dari 4 bagian yaitu lapisan korteks atas, lapisan algae, lapisan medulla dan lapisan korteks bawah. Gambar 2 a) sampai g) merupakan anatomi thalus spesies lichen *Dirinaria* sp. yang ditemukan pada tiap lokasi pengambilan sampel. Gambar 2 a) dan b) merupakan struktur anatomi thalus *Dirinaria* sp. yang ditemukan di lokasi dengan kategori nilai indeks LoS tinggi. Gambar 2 c) dan d) merupakan struktur anatomi thalus *Dirinaria* sp. yang ditemukan di lokasi dengan kategori nilai indeks LoS sedang. Gambar 2 e), f) dan g) merupakan struktur anatomi thalus *Dirinaria* sp. yang ditemukan di lokasi dengan kategori nilai indeks LoS rendah. Sedangkan untuk spesies *Parmelia* sp. hanya ditemukan pada dua lokasi saja yaitu di Jl.Ir Sutami dengan kategori nilai indeks LoS tinggi pada gambar 3 a) dan di Jl.Ki Hajar Dewantara dengan kategori nilai indeks LoS rendah pada Gambar 4 b). Untuk struktur anatominya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur anatomi thalus lichen: (a) *Parmelia* sp Jl. Ir Sutami, (b) *Parmelia* sp Jl. Ki Hajar Dewantara

Korelasi Nilai Indeks LoS Jalan Dengan Anatomi Lichen

Keseluruhan bentuk struktur anatomi thalus lichen spesies *Dirinaria* sp. dan *Parmelia* sp. yang ditemukan pada titik lokasi pengambilan sampel salah satunya dipengaruhi oleh nilai indeks LoS jalan terutama pada bagian lapisan korteks atas. Dapat dilihat pada Gambar 2 a) dan b) spesies *Dirinaria* sp. memiliki ketebalan lapisan korteks atas yang cukup tebal sampai akhirnya terjadi penyusutan ketebalan lapisan korteks atas yang pada Gambar 2 e), f) dan g). tampak pada gambar, penyusutan ketebalan lapisan korteks tersebut terlihat signifikan. Untuk spesies lichen *Parmelia* sp. Gambar 3 a) dan b) perbedaan ukuran ketebalan lapisan korteks memang tidak terlalu signifikan. Untuk ukuran ketebalan lapisan korteks atas thalus lichen juga dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali dengan rerata ukuran tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengukuran struktur anatomi lapisan korteks atas thalus lichen

Kategori Nilai LoS	Nama Jalan	Spesies	Rerata Ukuran Lapisan Korteks Atas (μ m)/Standart Deviasi (SD)
Tinggi	Jl. Ir. Sutami	<i>Dirinaria</i> sp.	19.64 / 1.16
		<i>Parmelia</i> sp.	10.19 / 0.72
	Jl. Adi Sucipto	<i>Dirinaria</i> sp.	22.19 / 0.96
Sedang	Jl. Bhayangkara	<i>Dirinaria</i> sp.	19.64 / 1.18
	Jl. Ir. Juanda	<i>Dirinaria</i> sp.	13.31 / 0.54
Rendah	Jl. Sumpah Pemuda	<i>Dirinaria</i> sp.	16.26 / 1.22
	Jl. Ki Hajar Dewantara	<i>Dirinaria</i> sp.	19.04 / 1.42
		<i>Parmelia</i> sp.	18.28 / 0.69
	Jl. Perintis Kemerdekaan	<i>Dirinaria</i> sp.	12.14 / 0.97

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa untuk wilayah dengan kategori nilai LoS tinggi yang artinya juga memiliki kepadatan lalu lintas tinggi pada titik lokasi Jl.Ir Sutami dan Jl.Adi Sucipto memiliki ukuran lapisan korteks atas lichen lebih tebal dibandingkan dengan titik lokasi dengan nilai LoS rendah yaitu di Jl. Sumpah Pemuda, Jl. Ki Hajar Dewantara dan Jl. Perintis Kemerdekaan. Kedua titik tersebut sama-sama ditemukan dua spesies lichen yaitu *Dirinaria* sp. dan *Parmelia* sp. Ketebalan lapisan korteks atas spesies *Dirinaria* sp. di lokasi nilai LoS tinggi berukuran $19.64\mu\text{m} \pm 1.16$ dan $22.19\mu\text{m} \pm 0.96$ dengan rerata ukuran lapisan korteks atasnya yaitu $20.92\mu\text{m} \pm 1.06$. Ketebalaan lapisan korteks atas lichen di wilayah dengan kategori nilai LoS sedang pada Jl. Bayangkara dan Jl. Ir.Juanda pada spesies *Dirinaria* sp. yaitu $19.64\mu\text{m} \pm 1.18$ dan $13.31\mu\text{m} \pm 0.54$ dengan rerata ketebalannya yaitu $16.48\mu\text{m} \pm 0.86$. sedangkan untuk ketebalan lapisan korteks atas lichen pada wilayah dengan kategori nilai LoS rendah pada Jl.Sumpah Pemuda, Jl.Ki Hajar Dewantara dan Jl. Perintis Kemerdekaan untuk spesies *Dirinaria* sp. secara berurutan yaitu berukuran $16.26\mu\text{m} \pm 1.22$, $19.04\mu\text{m} \pm 1.42$, dan $12.14\mu\text{m} \pm 0.97$ dengan rerata ukuran ketebalan lapisan korteks atasnya yaitu $15.81\mu\text{m} \pm 1.20$.

Pada penelitian sebelumnya menyatakan bahwa tingkat ketebalan lapisan korteks atas atas lichen mengalami perubahan karena adanya pengaruh dari tingkat polutan udara. Hal tersebut linier dengan hasil pengukuran lapisan korteks atas thalus lichen. Dari hasil pengukuran tersebut dapat disimpulkan bahwa salah satu factor yang menyebabkan adanya perbedaan ukuran ketebalan lapisan korteks atas pada thalus lichen yaitu nilai LoS atau tingkat pelayanan jalan dimana semakin tinggi nilai LoS suatu jalan maka kepadatan jalannya juga semakin tinggi dan menyebabkan polutan udara juga semakin tinggi. Keterkaitan ukuran ketebalan lapisan korteks thalus lichen dibuktikan dengan uji korelasi Pearson (*Pearson Correlation*) antara nilai LoS jalan dengan ukuran ketebalan lapisan korteks atas thalus lichen. Hasil uji korelasi tersebut dpat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji korelasi nilai LoS jalan dan ukuran korteks atas thalus lichen

Variabel	N	Sig
Korteks Atas - NilaiLoS Jalan	27	0.041

Berdasarkan hasil uji korelasi di atas, diketahui bahwa nilai signifikasi yang diperoleh yaitu 0.041. pada uji korelasi Pearson jika nilai signifikasi < 0.05 maka artinya berkorelasi. Untuk nilai korelasi yang didapatkan yaitu 0.340. nilai korelasi tersebut termasuk dalam kategori lemah. Dengan hasil tersebut membuktikan bahwa nilai LoS jalan juga sebagai salah satu fakktor yang mempengaruhi tingkat ketebalan lapisan korteks atas thalus lichen walaupun pengaruhnya lemah. Hal tersebut juga linier dengan hasil dari penelitian (Styburski, 2023). yang menyatakan bahwa ketebalan lapisan korteks bagian atas akan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi polutan udara.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa: (1) keberadaan dan pertumbuhan lichen di wilayah Kota Surakarta dipengaruhi oleh beberapa factor antara lain suhu udara, kelembaban udara, substrat tempat berkembangnya thalus lichen dan tingkat polutan udara yang dapat ditinjau dari nilai indeks LoS suatu jalan; (2) pertumbuhan thalus lichen yang ditemukan pada substrat cenderung berbeda-beda yang disebabkan oleh kondisi substrat dari lichen tersebut; (3) Warna dari thalus lichen dipengaruhi oleh kkualitas udara. Semakin segar dan hijau warna thalus lichen, maka

semakin baik pula kualitas udaranya begitupun sebaliknya; (3) spesies lichen *Dirinaria* sp. termasuk ke dalam spesies yang toleran, sehingga ditemukan disemua lokasi dengan kualitas udara yang berbeda. Lichen yang umum ditemukan di tempat-tempat yang tercemar polusi khususnya polusi akibat kendaraan bermotor; (4) tinggi atau rendahnya nilai indeks LoS di Kota Surakarta juga berperan dalam mengubah struktur anatomi lichen khususnya lapisan korteks atas lichen. Ketebalan lapisan korteks bagian atas akan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi polutan udara.

REKOMENDASI

Pada penelitian ini sudah mewakili fungsi dari keberadaan lichen sebagai biomonitoring udara dan pada penelitian selanjutnya diharapkan adanya pengembangan dari penelitian ini terkait fungsi dari keberadaan ditinjau dari aspek yang lain seperti bahan pencemar udara atau logam berat yang terserap oleh lichen atau yang lainnya. Pengembangan penelitian selanjutnya diharapkan dapat menjadi referensi bagi pemerintah Kota Surakarta untuk memperbanyak RTH (Ruang Terbuka Hijau) agar semakin banyak spesies lichen yang hidup pada substrat di kawasan Kota Surakarta dan memperbaiki tren emisi di kawasan Kota Surakarta.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada penelitian ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak dan instansi. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr.Edwi Mahajoeno, M.Si dan Prof.Dr.Sunarto, S.Si selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran dan kritikan terhadap penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Dinas Perhubungan Kota Surakarta yang telahh memberikan data-data terkait untuk penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada pihak Laboratorium Biologi Umum, Universitas Gadjah Mada telah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, K. N. (2016). Pola Perjalanan Penduduk Pinggiran Menuju Kota Surakarta Ditinjau Dari Aspek Spasial Dan Aspek Aspasial. *Arsitektura*, 14(1), 1-7.
- Anwari, W. S. (2021). Keanekaragaman Lichen di Pusat Pendidikan Konservasi Alam Bodogol, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 7(2), 89-100.
- Arrang, A. T. (2020). Arus Lalu Lintas, Kapasitas Dan Tingkat Pelayanan Ruas. *Dynamic Saint*, 5(1), 874-883.
- Dipahada, R. .. (2014). Analisis Level Of Service (Los) Dalam Mengantisipasi Kemacetan Lalu Lintas Menggunakan Sig Di Jalan Utama Kecamatan Kota Kendal. *Geo Image (Spatial-Ecological-Regional)*, 3(1), 1-5.
- Hutasuhut, M. A. (2021). Identifikasi Dan Karakteristik Habitat Jenis Lumut Kerak Di Taman Wisata Alam Sicikeh-Cikeh Kabupaten Dairi Sumatera Utara. *Jurnal Biolokus: Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi dan Biologi*, 4(1), 43-54.
- Jabnabillah, F. M. (2022). Analisis Korelasi Pearson Dalam Menentukan Hubungan Antara Motivasi Belajar Dengan Kemandirian Belajar Pada Pembelajaran Daring. *Jurnal Sintak*, 1(1), 14-18.
- Juwairiah. (2021). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Kawasan Percetakan Di Kota Medan. *Jurnal Inovasi Pendidikan dan Sains*, 2(1), 6-12.
- Käffer, M. I. (2011). Corticolous lichens as environmental indicators in urban areas in southern Brazil. *Ecological Indicators*, 11(5), 1319-1332.
- Kamaluddin., H. E. (2022). Keanekaragaman Lumut Kerak (Lichenes)di Area KakiGunung Mutis. *Jurnal Pro-Life*, 9(3), 515-532.

- Khoerurrahmah, A. A. (2024). Identifikasi Lumut Kerak (Lichen) sebagai Bioindikator Pencemaran Udara di Area Kampus Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati. *Konstanta : Jurnal Matematika dan Ilmu Pengelatan Alam*, 2(3), 37-47.
- Kurniasih, S. M. (2020). Potensi Liken Sebagai Bioindikator Kualitas Udara Di Kawasan Sentul Bogor. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, 6(1), 17-24.
- Mafaza, H. M. (2019). Keanekaragaman Jenis Lichen di Kota Semarang. *Life Science Journal of Biology*, 8(1), 10-16.
- Muslim., H. A. (2018). Eksplorasi Lichenes Pada Tegakan Pohon Di Area Taman Margasatwa (Medan Zoo) Simalingkar Medan Sumatera Utara. *Jurnal Biosains*, 4(3), 145-153.
- Nailufa, L. E. (2021). Morfologi Tipe Thalus Lichen Sebagai Bioindikator Pencemaran Udara di Kudus. *Bioma*, 3(1), 36-42.
- Nasriyati, N. M. (2018). Morfologi Talus Lichen *Dirinaria Picta* (Sw.) Schaer. Ex Clem pada Tingkat Kepadatan Lalu Lintas yang Berbeda di Kota Semarang. *Jurnal Akademika Biologi*, 7(4), 20-27.
- Rahmadi, A. R. (2021). An Analysis of the 11th SDGs: Sustainable Cities and Communities in Surakarta under the DPSIR Framework. *Journal of Global Environmental Science*, 2(3), 1-5.
- Sofiyana, M. S. (2019). Eksplorasi Liken di Sepanjang Jalan Diponegoro Kota Blitar Jawa Timur. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Enterpreneursip VI Tahun 2019* (pp. 1-6). Semarang: Universitas PGRI Semarang.
- Song, H., Kim, K.-T., Park, S.-Y., & all, e. (2022). A comparative genomic analysis of lichen-forming fungi reveals new insights into fungal lifestyles. *Scientific Reports*, 12(10724), 1-14.
- Statistik, B. P. (2022). *Laporan Akhir Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Kota Surakarta 2022*. Surakarta: Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta.
- Styburski, J. S. (2023). Do urban air pollutants induce changes in the thallus anatomy and affect the photosynthetic efficiency of the nitrophilous lichen *Physcia adscendens*? *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 112336–112346.
- Suhardono, S. N. (2020). The Effectiveness of Car Free Day Activity in Surakarta is Reviewed from the Anthropogenic Results: Waste and Fuel Emissions. *Journal of Global Environmental Science*, 1(1), 28-31.
- Suryati, I. A. (2019). Studi Kandungan Logam Berat (As, Cd, Cr, Pb Dan Hg) dalam Particulate Matter 10 Mikron (PM10) di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan. *Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas*, 16(2), 77-85.
- Ulfa, S. W. (2023). Identifikasi Jenis Lumut Kerak (Lichenes) Di Kecamatan Percut Sei Tuan Pada Desa Bandar Setia, Sampali Dan Tembung. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(18), 683-692..
- Varicca, D. M. (2022). Air Quality Assessment by the Determination of Trace Elements in Lichens (*Xanthoria calcicola*) in an Industrial Area (Sicily, Italy). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15), 1-15.
- Waruwu, F. B. (2022). *Keanekaragaman Jenis Liken (Lumut Kerak) di Kawasan Tahura Bukit Barisan*. Medan: CV.Global Aksara Pers.
- Widodo, G. K. (2023). Keragaman Lichen di Kawasan Wisata Alam Kandung Kabupaten Tulungagung. *Radikula : Jurnal Ilmu Pertanian*, 2(1), 47-59.
- Zakiah, Z. (2024). Pengaruh Biostimulan Ekstrak Daun Cengkodok (*Melastoma malabathricum* L.) Terhadap Pertumbuhan Dan Struktur Anatomi Planlet Anggrek Hitam (*Coelogyne pandurata* Lindl) Pada Tahap Aklimatisasi. *Jurnal Buana Sains*, 24(1), 29-40.