



LICHEN SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS UDARA DI KAWASAN PENYANGGA KOTA BANJARBARU

Lichen as bioindicator of air quality at buffer zone of Banjarbaru town

Rida Yuliani^{1*}, Witiyasti Imaningsih¹, Tri Wira Yuwati²

¹Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat

Loktabat Selatan, Banjarbaru Selatan, Kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714

Telepon (0511) 4773112

²Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Banjarbaru

Jl. A. Yani Km 28,7 Landasan Ulin, Banjarbaru, Provinsi Kalimantan Selatan

Telepon/Fax.: (+62)511 4707872

*Email: 1711013220014@mhs.ulm.ac.id

ABSTRAK

Pencemaran udara merupakan salah satu isu utama yang dihadapi oleh wilayah perkotaan. Oleh karena itu, karakteristik morfologi dan tutupan koloni lichen yang tumbuh pada wilayah dengan tingkat pencemaran udara berbeda dapat menjadi bioindikator kualitas udara. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi lichen pada lokasi yang dekat dan jauh dari jalan nasional (lebar \pm 29 meter) di wilayah Kota Banjarbaru. Penelitian ini bersifat deskriptif dengan metode *purposive sampling*. Sampel berasal dari 2 plot, yaitu wilayah yang dekat dan jauh dari jalan utama, masing-masing plot diwakili oleh sampel dari 5 pohon berbeda (kanopi rimbun dengan DBH minimal 25 cm). Sampel lichen diamati pada ketinggian 50-150 di atas permukaan tanah menggunakan bingkai plastik kuadran 20x20 cm. Variabel pengamatan meliputi jumlah dan bentuk koloni, warna dan tipe thalus serta persentase tutupan thalus. Terdapat 13 koloni lichen pada wilayah yang jauh dari jalan utama (500–600 meter dari jalan utama). Lichen didominasi oleh warna hijau hingga kebiruan, thalus terdiri dari tipe crustose dan foliose, dan rata-rata persentase tutupan thalus sebesar 28,01%. Sementara pada wilayah yang dekat dengan jalan utama (14–250 meter dari jalan utama), ditemukan 14 koloni lichen yang didominasi tipe crustose berwarna putih, dan rata-rata persentase tutupan thalus sebesar 10,01%. Kepadatan lalu lintas menunjukkan dampak signifikan pada komunitas lichen. Perbedaan utama dapat dilihat dari morfologi dan tutupan koloni. Berdasarkan hasil tersebut, lichen dapat digunakan sebagai bioindikator kualitas udara, khususnya pencemaran udara oleh kendaraan bermotor.

Kata kunci: arboretum, crustose, foliose, polusi, thalus

ABSTRACT

Air pollution is one of the main issues faced by urban areas. Therefore, morphological characteristic and colony coverage of lichen growing at different scale air-polluted area could become as a bioindicator of their air quality. This research aims to determine the condition of lichen in spots located at near and far from the main road (width \pm 29 meter) in urban area at Banjarbaru town. This research used descriptive method with *purposive sampling* technique. Sample were obtained from 2 plots those were far and near the main road, each plot represented by samples from 5 different trees (dense canopy with minimum DBH at 25 cm). Lichens were taken at 50-150 cm above ground level using 20x20 cm quadrant plastic frame. Observation variables include the number and shape of colonies, color and type of thallus, and percentage of thallus cover. We determined 13 colonies from spots far from the main road (500-600 meter from main road). Lichen dominated by green to bluish color, thallus consist of crustose and foliose, and the average percentage of thallus cover was 28.01%. While from that near the main road (14-250 meter from main road), we determined 14 colonies predominantly consisted of white crustose lichens, and the average percentage of thallus cover was 10.01%. Traffic intensity showed to have significant

effect on lichens community. The main difference can be seen from morphology and colony coverage. Based on this result, lichen can be used as bioindicator of air quality, especially air pollution caused by motorized vehicles.

Keywords: arboretum, crustose, foliose, pollution, thallus

PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor sebagai salah satu penyebab utama dalam peningkatan polusi udara. Kendaraan bermotor menghasilkan emisi berupa gas buangan yang dapat mencemari lingkungan di sekitarnya (Muziansyah, Sulistyorini, & Sebayang, 2015). Lalu lintas kendaraan bermotor yang padat di suatu wilayah menyebabkan probabilitas wilayah tersebut mengalami peningkatan polusi udara semakin besar. Oleh karena itu, perlu upaya untuk memantau kondisi dan kualitas udara. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah biomonitoring menggunakan bioindikator (Ismiyati, Marlita, & Saidah, 2014).

Bioindikator adalah kelompok ataupun komunitas organisme yang kehadirannya berkaitan erat dengan kondisi lingkungan tertentu sehingga kesehatan suatu lingkungan dapat tercerminkan (Pratiwi, 2015). Umumnya bioindikator memiliki sensitivitas atau toleransi terhadap suatu kondisi lingkungan sehingga kehadiran atau ketidakhadirannya mampu mencerminkan kondisi dan perubahan yang terjadi pada lingkungan tersebut. Bioindikator yang digunakan dalam kegiatan biomonitoring dapat berbeda-beda, tergantung dari tujuan dan faktor yang diamati. Pada konteks pencemaran udara oleh polusi, salah satu bioindikator yang dapat digunakan adalah lichen (Rahardjanto & Husamah, 2019).

Penelitian mengenai penggunaan lichen sebagai bioindikator kualitas udara telah dilakukan di beberapa penelitian terdahulu. Penelitian Sumarlin, Maheng, & Rosdiana (2016) menunjukkan bahwa peningkatan polusi udara akibat kendaraan bermotor menyebabkan penurunan persentase kehadiran dan keragaman lichen. Penelitian Kurniasih, Munarti, Prasaja, & Estari (2020) serta Murningsih & Mafazaa (2016) menunjukkan bahwa lichen yang tumbuh di wilayah perkotaan didominasi oleh tipe thalus crustose. Penelitian Rasyidah (2018) menunjukkan bahwa lichen pada kawasan dengan kepadatan lalu lintas yang lebih tinggi memiliki diameter yang lebih kecil dibanding lichen pada kawasan yang jarang dilalui kendaraan bermotor. Adapun penelitian Nasriyati, Murningsih, & Utami (2018) menunjukkan bahwa peningkatan kepadatan lalu lintas menurunkan luas tutupan lichen. Berdasarkan penelitian tersebut, lichen dapat digunakan untuk mengetahui kualitas udara berdasarkan kepadatan lalu lintas. Adapun wilayah

penyangga Kota Banjarbaru merupakan wilayah yang dilalui kendaraan bermotor setiap harinya sehingga pemantauan kualitas udara perlu dilakukan.

Kondisi tersebut mendorong untuk optimalisasi pemanfaatan lichen sebagai bioindikator kualitas udara. Hal tersebut dapat dilakukan dengan membandingkan kondisi lichen yang tumbuh pada dua wilayah dengan kepadatan lalu lintas berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi lichen pada kawasan yang dekat dan jauh dari badan jalan pada area penyangga Kota Banjarbaru. Hasil penelitian ini dapat menjadi informasi tambahan mengenai penggunaan lichen sebagai bioindikator kualitas udara, khususnya pencemaran udara akibat emisi kendaraan bermotor.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian terdiri dari 2 tempat. Lokasi pertama berada di Arboretum bagian depan BP2LHK Banjarbaru yang berlokasi tepat di pinggir badan jalan nasional provinsi Kalimantan Selatan dengan jarak $\pm 14-250$ meter dari badan jalan. Adapun lokasi kedua di Arboretum bagian belakang BP2LHK Banjarbaru yang berjarak $\pm 500-600$ meter dari badan jalan nasional provinsi Kalimantan Selatan. Diantara rentang jarak 500–600 meter dari badan jalan utama terdapat arboretum, bangunan (kantor dan laboratorium), dan area pembibitan serta konservasi. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu alat tulis, termohigrometer, kamera digital, meteran, aplikasi *On 3D Measure*, lux meter, dan aplikasi *GPS Maps*. Adapun bahan yang digunakan, yaitu bingkai kuadran plastik bening 20×20 cm, selotip, lichen pada dua lokasi berbeda di kawasan BP2LHK Banjarbaru.

Penelitian ini bersifat deskriptif dengan metode *purposive sampling* (Roziaty, 2016). Plot penelitian yang digunakan pada lokasi 1 dan 2 masing-masing berjumlah 1 plot. Plot yang digunakan berukuran 20×20 meter (Asih, Jumari, & Murningsih, 2013). Faktor abiotik yang diamati pada masing-masing plot meliputi intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan (Nurjanah, Anitasari, Mubaidullah, & Bashri, 2013). Pengamatan lichen dilakukan pada 5 pohon dari setiap plot. Kriteria pohon yang digunakan, yaitu memiliki kanopi rimbun, lingkaran batang minimal 25 cm pada ketinggian 1,3 meter di atas permukaan tanah. Lima pohon dengan lingkaran batang terbesar kemudian digunakan untuk pengamatan lichen. Lichen yang diamati merupakan koloni yang berada pada ketinggian 50–150 cm di atas permukaan tanah serta tumbuh pada kulit pohon yang menghadap lurus ke arah jalan (Asih *et al.*, 2013). Pengamatan yang dilakukan meliputi jenis thalus, warna thalus, serta jumlah dan luas koloni. Perhitungan luas koloni lichen dilakukan dengan menggunakan aplikasi *On 3D Measurement* dengan jarak ukur 20 cm dan *verticality* 1.

Analisis data dilakukan dengan membandingkan data dari kedua plot berdasarkan kategorinya. Data lichen didapat melalui pengamatan makroskopis sehingga data tersebut bersifat deskriptif atau kualitatif (Roziaty, 2016). Analisis persentase tutupan thalus lichen dilakukan dengan menghitung persentase luas area yang ditutupi oleh lichen pada setiap pohonnya. Perhitungan persentase tutupan thalus lichen menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{tutupan thalus} = \frac{\text{total luas koloni lichen pohon}}{\text{luas bingkai plastik kuadran}} \times 100\% \dots\dots\dots \text{(Nurjanah et al., 2013)}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil



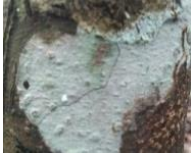





Hasil pengukuran faktor abiotik pada plot 1 dan 2 mempunyai suhu yang hampir sama (Tabel 1). Berdasarkan hasil pengukuran, suhu pada plot 1 sebesar 30,3°C dengan tingkat kelembapan 85% dan intensitas cahaya 775-815 lux. Adapun suhu pada plot 2 adalah 30,5°C dengan tingkat kelembapan 77% dan intensitas cahaya 12.800-37.400 lux. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa suhu dan intensitas cahaya yang lebih tinggi berada pada plot 2 sedangkan tingkat kelembapan yang lebih tinggi berada pada plot 1. Pengukuran suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya pada kedua plot merupakan rata-rata dari hasil pengukuran pada tanggal 4, 5, dan 8 Januari 2021.

Tabel 1. Hasil pengukuran faktor abiotik pada plot 1 dan 2.










Plot	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Intensitas cahaya (lux)	
			Minimum	Maksimum
1	30,3	85	775	815
2	30,5	77	12.800	37.400

Gambar dan data morfologi lichen plot 1 serta data pohon inang yang terdiri dari *Manilkara zapota* (pohon 1), *Aquilaria malaccensis* (pohon 2), *Anisoptera marginata* (pohon 3), *Shorea* sp. (pohon 4), dan *Agathis* sp. (pohon 5) (Tabel 2). Tipe thalus lichen pada plot 1 terdiri dari tipe crustose (11 koloni) dan foliose (2 koloni) dengan warna thalus didominasi hijau hingga kebiruan. Bentuk koloni beragam mulai dari melingkar, memanjang hingga tidak beraturan. Adapun persentase tutupan thalus berkisar antara 11,59 - 42,37% dengan rata-rata keseluruhan sebesar 28,04%.


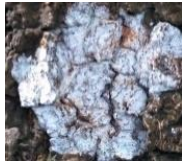






Tabel 2. Keanekaragaman lichen pada dua lokasi.

Nomor koloni	Pohon inang	Gambar	Morfologi	Luas koloni (cm ²)	% tutupan	Rerata % tutupan
1	2	3	4	5	6	7
Lokasi 1:						
1	<i>M. zapota</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: hijau kebiruan Bentuk koloni: melingkar	115,61	34,98	
	<i>M. zapota</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: putih Bentuk koloni: melingkar	24,32		
2	<i>A. malaccensis</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: hijau muda Bentuk koloni: tidak beraturan	18,68	19,66	28,04
	<i>A. malaccensis</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: hijau-cokelat Bentuk koloni: tidak beraturan	2,52		
	<i>A. malaccensis</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: hijau muda Bentuk koloni: melingkar	12,82		
	<i>A. malaccensis</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: hijau muda Bentuk koloni: tidak beraturan	44,62		
3	<i>An. marginata</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: hijau kebiruan Bentuk koloni: memanjang	14,62	31,62	
	<i>An. marginata</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: hijau tua-cokelat Bentuk koloni: memanjang	9,21		



Tabel 2. Lanjutan...

1	2	3	4	5	6	7
	<i>An. marginata</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: hijau kebiruan Bentuk koloni: memanjang	102,67		
4	<i>Shorea</i> sp.		Tipe thalus: crustose Warna thalus: hijau muda Bentuk koloni: tidak beraturan	20,94		
	<i>Shorea</i> sp.		Tipe thalus: crustose Warna thalus: putih Bentuk koloni: tidak beraturan	25,44	11,59	
5	<i>Agathis</i> sp.		Tipe thalus: foliose Warna thalus: hijau muda Bentuk koloni: melingkar	151,60		
	<i>Agathis</i> sp.		Tipe thalus: foliose Warna thalus: hijau muda Bentuk koloni: melingkar	17,90	42,37	
Lokasi 2:						
1	<i>S. borneensis</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: putih Bentuk koloni: tidak beraturan	2,37		
	<i>S. borneensis</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: abu-abu Bentuk koloni: melingkar	37,42	11,92	
	<i>S. borneensis</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: putih Bentuk koloni: tidak beraturan	7,89		10,04
2	<i>Ac. mangium</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: hijau kusam Bentuk koloni: tidak beraturan	6,73	5,51	

Tabel 2. Lanjutan...

1	2	3	4	5	6	7
	<i>Ac. mangium</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: putih Bentuk koloni: melingkar	7,77		
	<i>Ac. mangium</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: putih Bentuk koloni: melingkar	7,56		
3	<i>P. merkusii</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: putih Bentuk koloni: tidak beraturan	24,43		
	<i>P. merkusii</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: putih Bentuk koloni: memanjang	26,85	12,82	
4	<i>S. koetjapi</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: putih Bentuk koloni: melingkar	21,26		
	<i>S. koetjapi</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: putih Bentuk koloni: melingkar	16,79		
	<i>S. koetjapi</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: putih Bentuk koloni: melingkar	10,92	15,82	
	<i>S. koetjapi</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: putih Bentuk koloni: melingkar	14,32		

Tabel 2. Lanjutan...

1	2	3	4	5	6	7
5	<i>K. anthotheca</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: putih Bentuk koloni: melingkar	9,33		
					4,16	
	<i>K. anthotheca</i>		Tipe thalus: crustose Warna thalus: putih Bentuk koloni: tidak beraturan	7,31		

Gambar dan data morfologi lichen pada plot 2 serta data pohon inang berbeda-beda (Tabel 2). Pohon inang pada plot 2 terdiri dari *Sondoricum borneensis* (pohon 1), *Acacia mangium* (pohon 2), *Pinus merkusii* (pohon 3), *Sondoricum koetjapi* (pohon 4), dan *Khaya anthotheca* (pohon 5). Tipe thalus lichen pada plot 2 seluruhnya merupakan tipe crustose dengan thalus didominasi warna putih dan beberapa lainnya berwarna abu-abu maupun hijau kusam. Bentuk koloni tidak jauh berbeda dengan plot 1, yaitu melingkar, memanjang hingga tidak beraturan. Persentase tutupan thalus berkisar antara 4,16 – 15,82% dengan rata-rata keseluruhan sebesar 10,04%.

Tabel 3. Data kepadatan lalu lintas jalan nasional di wilayah penyangga Kota Banjarbaru.

Tanggal	Waktu	Jumlah Kendaraan				Total	Total harian	Rata-rata harian
		Sepeda motor	Minibus	Bus	Mobil angkutan & kendaraan berat			
21 Maret 2021	08.00-09.00	1.232	494	4	72	1.802	6.943	2.314,33
	12.00-13.00	1.567	607	9	178	2.361		
	17.00-18.00	2.023	631	5	121	2.780		
22 Maret 2021	08.00-09.00	1.297	482	4	77	1.860	7.482	2.494
	12.00-13.00	1.836	721	11	166	2.734		
	17.00-18.00	2.042	706	5	135	2.888		
23 Maret 2021	08.00-09.00	1.302	573	2	59	1.936	7.296	2.432
	12.00-13.00	1.543	598	12	223	2.376		
	17.00-18.00	2.180	648	7	149	2.984		

Data kepadatan lalu lintas pada jalan nasional di wilayah penyangga Kota Banjarbaru tersaji pada Tabel 3. Jenis kendaraan bermotor yang melintas didominasi oleh sepeda motor. Jenis kendaraan terbanyak selanjutnya disusul oleh minibus, mobil angkutan, kendaraan berat, dan bus. Kepadatan lalu lintas tertinggi terjadi di sore hari, yaitu pada pukul 17.00-18.00.

Pembahasan

Menurut Chandra (2015) crustose merupakan tipe lichen dengan tubuh seperti *crust* (seperti lapisan kulit) dan umumnya menempel erat pada substratnya. Adapun menurut Fatma, Mahanal, & Sari, (2017) foliose merupakan tipe lichen dengan karakteristik bentuk seperti lobus dan mudah dipisahkan dari substratnya. Ditinjau dari faktor lingkungan, lichen dengan tipe thalus crustose lebih adaptif terhadap kondisi lingkungan dengan suhu panas dan kelembapan yang relatif lebih rendah dibandingkan tipe foliose. Hal tersebut karena lichen dengan tipe crustose menempel erat pada substratnya sehingga dapat terhindar dari potensi kehilangan air. Selain itu, lapisan medula pada lichen tipe crustose juga mampu memelihara kelembapan (Susilaradeya, 2010). Kelembapan udara dipengaruhi oleh cahaya matahari, pergerakan udara, dan jarak antarpohon penyusun vegetasi. Jarak antarpohon yang berjauhan akan mempercepat laju penguapan sehingga tingkat kelembapan menjadi rendah (Roziaty, 2016). Hal ini sesuai dengan keadaan pada lokasi penelitian, dimana plot 1 merupakan area dengan tutupan vegetasi yang rapat dan jarak antar pohon relatif berdekatan. Sebaliknya, jarak antarpohon pada plot 2 lebih renggang dibandingkan plot 1. Hal tersebut mengakibatkan plot 2 memiliki intensitas cahaya dan suhu yang lebih tinggi serta kelembapan yang lebih rendah dibanding plot 1.

Perbedaan kepadatan lalu lintas pada kedua plot turut mempengaruhi hasil yang didapat. Plot 2 memiliki tingkat kepadatan lalu lintas yang lebih tinggi dibanding plot 1. Adapun plot 2 merupakan jalan nasional di wilayah Kota Banjarbaru yang memiliki rata-rata jumlah kendaraan harian berkisar antara 2.314-2.494 (jenis kendaraan meliputi sepeda motor, minibus, bus, mobil angkutan, dan kendaraan berat lainnya). Lichen dengan tipe crustose lebih toleran terhadap pencemaran udara. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Kurniasih *et al.* (2020), dimana lichen dengan tipe crustose dapat ditemukan baik pada lingkungan dengan kondisi udara tercemar maupun lingkungan yang diasumsikan kualitas udaranya baik. Tingkat kepadatan lalu lintas berbanding lurus dengan tingkat pencemaran udara. Menurut Nasriyati *et al.*, (2018) wilayah dengan kepadatan lalu lintas rendah merupakan kondisi yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan thalus lichen. Adapun menurut Islam, (2007) penurunan kualitas udara berbanding lurus dengan

penurunan tingkat keanekaragaman lichen. Hal ini disebabkan adanya perubahan kondisi lingkungan akibat polusi dari kendaraan bermotor. Emisi buangan dari kendaraan bermotor yang mencemari udara umumnya berupa CO₂, SO₂, NO₂, dan debu.

Lichen di daerah tercemar akan mengalami pertumbuhan yang kurang baik, salah satunya ditandai oleh perubahan warna thalus menjadi lebih pucat atau kusam (Baderan, Uno, & Usuli, 2013). Perubahan warna thalus dapat berlanjut hingga memutih sebagai tanda telah terjadi kerusakan secara kronis (Noer, 2004). Pemucatan warna thalus tersebut merupakan dampak rusaknya lapisan alga yang menyusun lichen (Das *et al.*, 2011). Lapisan alga yang mengalami kerusakan khususnya adalah bagian klorofil sebagai dampak absorpsi sejumlah gas pencemar dalam konsentrasi subletal untuk jangka waktu yang lama (Noer, 2004). Menurut Jannah & Hidayah, (2019) kandungan SO₂ di udara menyebabkan peningkatan kandungan sulfur pada lichen, dimana berdampak pada penurunan jumlah klorofil pada lichen tersebut. Kerusakan klorofil pada lichen dapat mengganggu proses fotosintesis yang berdampak pada terganggunya pertumbuhan lichen akibat kekurangan nutrisi.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat dikatakan bahwa wilayah arboretum bagian depan BP2LHK Banjarbaru (kawasan ramai lalu lintas) memiliki tingkat pencemaran udara yang cukup parah. Keadaan tersebut tampak dari keadaan lichen yang tumbuh pada lokasi tersebut, dimana koloni lichen hanya terdiri dari tipe crustose, mengalami pemucatan warna thalus bahkan hingga memutih, luas koloni dan persentase tutupan thalus yang lebih rendah. Sementara itu, wilayah arboretum yang memiliki jarak lebih jauh dari badan jalan memiliki tingkat polusi yang lebih rendah, dimana koloni lichen terdiri dari tipe crustose dan foliose, warna thalus didominasi hijau hingga kebiruan, luas koloni dan persentase tutupan thalus yang lebih tinggi dibanding arboretum yang terletak dekat dengan badan jalan.

KESIMPULAN

Terdapat perbedaan kondisi lichen dari dua kawasan dengan kepadatan lalu lintas berbeda (kawasan dekat dan jauh dari badan jalan). Perbedaan yang utama terlihat dari segi morfologi serta luas koloni. Berdasarkan hal tersebut, maka lichen dapat dijadikan bioindikator kualitas udara khususnya pencemaran udara akibat kendaraan bermotor.

SARAN

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan identifikasi terhadap lichen untuk mendapatkan data yang lebih lengkap.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Banjarbaru atas ijin dan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian lengkap.

PERNYATAAN KONTRIBUSI

Rida Yuliani sebagai kontributor utama serta Witiyasti Imaningsih dan Tri Wira Yuwati sebagai kontributor anggota pada karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asih, S. M., Jumari, & Murningsih. (2013). Keanekaragaman Jenis Lichenes Epifit pada Hutan Kopi dan Hutan Campuran di Nglimut Gonoharjo Kendal. *Jurnal Biologi*, 2(2), 27–36.
- Baderan, D. W. K., Uno, W. D., & Usuli, Y. (2013). *Lumut Kerak Sebagai Bioindikator Pencemaran Udara (Studi Kasus di Jalan H.B. Jasin Kelurahan Dulalowo Kecamatan Kota Tengah Kota Gorontalo)* (p. 8). Universitas Negeri Gorontalo.
- Chandra, R. H. (2015). Akumulasi Timbal (Pb) Dan Keanekaragaman Jenis Lichen di Taman Kota Medan. *Jurnal Biologi Lingkungan*, 2(1), 2550–1305.
- Das, K., Dey, U., Bhaumik, R., Datta, J. K., & Mondal, N. K. (2011). A Comparative Study of Lichen Biochemistry and Air Pollution Status of Urban, Semi Urban and Industrial Area of Hooghly and Burdwan District, West Bengal. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 7(4), 311–323.
- Fatma, Y., Mahanal, S., & Sari, M. S. (2017). Keanekaragaman Familia Physciaceae dan Lobariaceae di Taman Hutan Raya Raden Soerjo sebagai Bahan Ajar pada Mata Kuliah Mikrobiologi. *Jurnal Pendidikan*, 2(2), 179–185.
- Islam, Y. C. (2007). *Respon Lumut Kerak pada Vegetasi Pohon Sebagai Indikator Pencemaran Udara di Kebun Raya Bogor dan Hutan Kota Manggala Wana Bhakti*. Institut Pertanian Bogor.
- Ismiyati, Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*, 01(03), 241–248.
- Jannah, M., & Hidayah. (2019). Keanekaragaman Lichen sebagai Biomonitoring Kualitas Hutan di Lereng Selatan Gunung Merapi Yogyakarta. *Scripta Biologica*, 5(3), 1–14.
- Kurniasih, S., Munarti, Prasaja, D., & Estari, A. A. (2020). Potensi Lichen sebagai Bioindikator Kualitas Udara di Kawasan Sentul Bogor. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, 6(1), 17–24.

- Murningsih, & Mafazaa, H. (2016). Jenis-Jenis Lichen di Kampus Undip Semarang. *Bioma*, 18(1), 20–29.
- Muziansyah, D., Sulistyorini, R., & Sebayang, S. (2015). Model Emisi Gas Buangan Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasus: Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung). *JRSDD*, 3(1), 57–70.
- Nasriyati, T., Murningsih, & Utami, S. (2018). Morfologi Talus Lichen *Dirinaria Picta* (Sw.) Schaer. Ex Clem pada Tingkat Kepadatan Lalu Lintas yang Berbeda di Kota Semarang. *Jurnal Akademika Biologi*, 7(4), 20–27.
- Noer, I. (2004). *Bioindikator Sebagai Alat untuk Menengarai Adanya Pencemaran Udara*. Forum Komunikasi lingkungan III.
- Nurjanah, S., Anitasari, Y., Mubaidullah, S., & Bashri, A. (2013). Keragaman dan Kemampuan Lichen Menyerap Air sebagai Bioindikator Pencemaran Udara di Kediri. *Proceeding Biology Education Conference*, 1–8.
- Pratiwi, S. U. (2015). Karakteristik Bioindikator Cisadane: Kajian Pemanfaatan Makrobentik Untuk Menilai Kualitas Sungai Cisadane. *Ecolab*, 9(2), 47–104.
- Rahardjanto, A., & Husamah. (2019). *Bioindikator (Teori dan Aplikasi dalam Biomonitoring)*. UMM Press.
- Rasyidah. (2018). Kelimpahan Lumut Kerak (Lichens) Sebagai Bioindikator Kualitas Udara Di Kawasan Perkotaan Kota Medan. *Klorofil*, 1(2), 88–92.
- Roziaty, E. (2016). Kajian Lichen: Morfologi, Habitat, dan Bioindikator Kualitas Udara Ambien Akibat Polusi Kendaraan Bermotor. *Bioeksperimen*, 1(2), 54–66.
- Sumarlin, Maheng, M. D., & Rosdiana. (2016). ACE 3-008 Pemantauan Kualitas Udara Perkotaan Menggunakan Lumut Kerak (Lichen). *Prosiding Seminar ACE*, 22–23.
- Susilaradeya, D. P. (2010). Lumut Kerak Sebagai Bioindikator Pencemaran Udara. *Artikel Ilmiah Bidang Lingkungan*, 2.