

KORELASI KEPADATAN LALU LINTAS TERHADAP KADAR SULFUR DAN KLOROFIL *LICHENS* DI PATUMBAK, DELI SERDANG

Angely Agriani Siahaan^{1*} & Ashar Hasairin²

^{1&2}Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Jalan William Iskandar Ps. V, Deli Serdang, Sumatera Utara 20221, Indonesia

*Email: siahaanangeli28@gmail.com

Submit: 25-06-2026; Accepted: 02-09-2026; Published: 27-10-2026

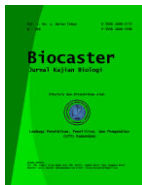
ABSTRAK: Peningkatan kepadatan lalu lintas berpotensi meningkatkan pencemaran udara yang dapat memengaruhi organisme sensitif seperti *lichens*. *Lichens* diketahui mampu mengakumulasi polutan udara dan mengalami perubahan fisiologis, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bioindikator kualitas udara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui spesies *lichens* yang terdapat pada pohon mangga, menganalisis kadar sulfur dan klorofil pada *thallus lichens*, serta mengetahui korelasi antara kepadatan lalu lintas dengan kadar sulfur dan klorofil pada *thallus lichens* di Kawasan Industri Patumbak, Deli Serdang. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan korelasional. Sampel *lichens* diambil secara *purposive sampling* pada pohon mangga di Jalan Pertahanan, Jalan Perjuangan I, Jalan Sekata, dan Desa Mbaruai sebagai lokasi kontrol. Kadar sulfur dianalisis menggunakan metode gravimetri, kadar klorofil diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis, dan hubungan antar variabel dianalisis menggunakan uji korelasi *Spearman*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hanya ditemukan satu spesies *lichens*, yaitu *Parmotrema perlatum* dari famili Parmeliaceae dengan tipe *thallus foliose*. Kadar sulfur tertinggi ditemukan pada Jalan Sekata sebesar 0,06%, sedangkan kadar sulfur terendah ditemukan pada Jalan Pertahanan dan Jalan Perjuangan I sebesar 0,01%. Kadar klorofil total tertinggi ditemukan pada Jalan Sekata sebesar 0,766 mg/L, sedangkan kadar klorofil total terendah ditemukan pada Jalan Pertahanan sebesar 0,498 mg/L. Hasil uji korelasi *Spearman* menunjukkan bahwa kepadatan lalu lintas memiliki hubungan negatif yang kuat dan signifikan terhadap kadar sulfur ($r = 0,747$; $p < 0,05$) dan kadar klorofil ($r = -0,791$; $p < 0,05$) pada *thallus lichens*. Dengan demikian, *lichens* berpotensi digunakan sebagai bioindikator kualitas udara pada kawasan dengan tingkat aktivitas lalu lintas yang berbeda.

Kata Kunci: Bioindikator, Kepadatan Lalu Lintas, Klorofil, *Lichens*, *Parmotrema perlatum*, Sulfur.

ABSTRACT: Increasing traffic density has the potential to increase air pollution, which may affect sensitive organisms such as lichens. Lichens are known to accumulate air pollutants and undergo physiological changes, making them useful as bioindicators of air quality. This study aimed to identify lichen species growing on mango trees, analyze sulfur and chlorophyll contents in lichen thalli, and determine the correlation between traffic density and sulfur and chlorophyll contents in lichen thalli in the Patumbak Industrial Area, Deli Serdang. This study employed a quantitative descriptive method with a correlational approach. Lichen samples were collected using purposive sampling from mango trees located on Jalan Pertahanan, Jalan Perjuangan I, Jalan Sekata, and Desa Mbaruai as the control site. Sulfur content was analyzed using the gravimetric method, chlorophyll content was measured using a UV-Vis spectrophotometer, and the relationships among variables were analyzed using Spearman correlation. The results showed that only one lichen species was identified, namely *Parmotrema perlatum* belonging to the family Parmeliaceae with a foliose thallus type. The highest sulfur content was found on Jalan Sekata (0.06%), while the lowest sulfur content was recorded on Jalan Pertahanan and Jalan Perjuangan I (0.01%). The highest total chlorophyll content was found on Jalan Sekata (0.766 mg/L), whereas the lowest total chlorophyll content was found on Jalan Pertahanan (0.498 mg/L). Spearman correlation analysis revealed that traffic density had a strong and significant negative correlation with sulfur content ($r = 0.747$; $p < 0.05$) and chlorophyll content ($r = -0.791$; $p < 0.05$) in lichen thalli. Therefore, lichens have the potential to be utilized as bioindicators of air quality in areas with different levels of traffic activity.

Keywords: Bioindicator, Traffic Density, Chlorophyll, Lichens, *Parmotrema perlatum*, Sulfur.

Uniform Resource Locator: <https://e-journal.lp3kamandanu.com/index.php/biocaster>



How to Cite: Siahaan, A. A., & Hasairin, A. (2026). Korelasi Kepadatan Lalu Lintas terhadap Sulfur dan Klorofil *Lichens* di Patumbak, Deli Serdang. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 6(4), 2128-2137. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v6i4.1649>



Biocaster : Jurnal Kajian Biologi is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

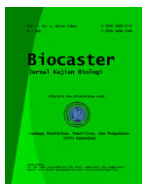
PENDAHULUAN

Pencemaran udara merupakan masuknya zat, energi, atau komponen lain ke dalam udara ambien akibat aktivitas manusia, sehingga menyebabkan penurunan kualitas udara dan mengganggu kesehatan makhluk hidup serta lingkungan. Salah satu sumber utama pencemaran udara di wilayah perkotaan adalah sektor transportasi yang menghasilkan berbagai polutan, seperti karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), hidrokarbon (HC), partikulat, dan sulfur dioksida (SO₂) (Utami *et al.*, 2025). Emisi kendaraan bermotor didominasi oleh karbon monoksida sekitar 80%, hidrokarbon 15%, nitrogen oksida 5%, serta sejumlah kecil sulfur dan logam berat. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor menyebabkan peningkatan emisi polutan ke atmosfer yang pada akhirnya dapat menurunkan kualitas udara (Wibowo, 2017).

Sulfur dioksida (SO₂) merupakan salah satu polutan udara yang banyak dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar fosil pada kendaraan bermotor, industri, dan pembangkit listrik. Gas SO₂ yang bereaksi dengan uap air di atmosfer dapat membentuk asam sulfat yang menjadi penyebab utama hujan asam (Tiwa *et al.*, 2024). Selain berdampak terhadap lingkungan, paparan SO₂ juga dapat menyebabkan gangguan kesehatan manusia, seperti iritasi mata, iritasi saluran pernapasan, dan gangguan fungsi paru-paru (Takuloe *et al.*, 2023). Pada tumbuhan dan organisme fotosintetik lainnya, peningkatan konsentrasi SO₂ dapat menghambat pembentukan klorofil, sehingga mengganggu proses fotosintesis (Rizwanda *et al.*, 2024).

Salah satu organisme yang sensitif terhadap pencemaran udara adalah *lichens*. *Lichens* merupakan organisme hasil simbiosis antara fungi dan alga yang membentuk satu kesatuan morfologi dan fisiologi yang berbeda dari komponen penyusunnya (Pratama & Trianto, 2020). *Lichens* tidak memiliki kutikula maupun stomata, sehingga zat pencemar yang terdapat di atmosfer dapat langsung terakumulasi pada permukaan *thallus* (Roziaty, 2016). Kemampuan tersebut menjadikan *lichens* sebagai bioindikator yang efektif dalam pemantauan kualitas udara, karena mampu memberikan respons fisiologis terhadap perubahan kondisi lingkungan (Hasairin *et al.*, 2023). Menurut Jahja *et al.* (2025), tingkat keanekaragaman dan kelimpahan *lichens* cenderung menurun pada wilayah dengan tingkat pencemaran udara yang tinggi.

Selain mampu mengakumulasi polutan, *lichens* juga menunjukkan perubahan fisiologis akibat paparan pencemar udara. Akumulasi sulfur pada *thallus* dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat deposisi polutan atmosfer, sedangkan kandungan klorofil dapat digunakan untuk menilai respons fisiologis *lichens* terhadap tekanan lingkungan (Hasairin *et al.*, 2023). Penelitian Faisal *et al.* (2025) menunjukkan bahwa paparan polutan udara dapat menurunkan kandungan



pigmen fotosintesis seperti klorofil dan karotenoid, sehingga menghambat proses fotosintesis. Hasil penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa peningkatan kandungan SO₂ di udara berhubungan dengan penurunan kandungan klorofil pada organisme fotosintetik (Rizwanda *et al.*, 2024).

Kecamatan Patumbak merupakan salah satu kawasan yang memiliki aktivitas transportasi dan industri cukup tinggi, sehingga berpotensi mengalami peningkatan pencemaran udara. Namun, informasi mengenai hubungan antara kepadatan lalu lintas dengan kadar sulfur dan klorofil pada *thallus lichens* di kawasan tersebut masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi spesies *lichens* yang tumbuh pada pohon mangga serta menganalisis korelasi kepadatan lalu lintas terhadap kadar sulfur dan klorofil pada *thallus lichens* di Kawasan Industri Patumbak, Kabupaten Deli Serdang.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada Maret–Juni 2026 di Kawasan Industri Patumbak, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Biologi, Universitas Sumatera Utara, dan Laboratorium Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. Penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan korelasional. Lokasi penelitian terdiri atas Jalan Pertahanan (3 pohon mangga), Jalan Perjuangan I (3 pohon mangga), dan Jalan Sekata (3 pohon mangga). Sampel *lichens* diambil secara *purposive sampling* pada pohon mangga yang memiliki pertumbuhan *lichens* pada batang pohon yang menghadap jalan raya dan dengan tingi pohon ± 150 m dan tidak jauh dari jalan raya atau tepat di tepi bahu jalan.

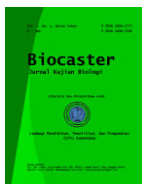
Kepadatan lalu lintas dihitung melalui pengamatan langsung terhadap jumlah kendaraan yang melintas pada pagi, siang, dan sore hari selama tiga hari pengamatan. Faktor lingkungan yang diukur meliputi suhu udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin. Identifikasi *lichens* dilakukan berdasarkan karakter morfologi makroskopis *lichens* dengan menggunakan kunci identifikasi *lichens* dari panduan buku *Key to the Lichens Genera of Cibodas and Singapore*.

Analisis kadar sulfur dilakukan menggunakan metode gravimetri, sedangkan kadar klorofil dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis setelah ekstraksi sampel dengan aseton 80%. Data dianalisis secara deskriptif dan hubungan antara kepadatan lalu lintas dengan kadar sulfur serta kadar klorofil dianalisis menggunakan uji korelasi *Spearman* pada taraf signifikansi 5% dengan bantuan program IBM SPSS *Statistics*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kepadatan Lalu Lintas dan Faktor Lingkungan

Berikut adalah tabel perhitungan kepadatan lalu lintas yang dihitung selama 1 minggu, yaitu pada hari Senin, Rabu, dan Jumat. Dalam satu hari, pengamatan dilakukan sebanyak tiga kali, yaitu pagi (08.00-10.00 WIB), siang (11.00-13.00 WIB), dan sore (14.00-16.00 WIB), dengan durasi masing-masing selama satu jam. Data yang diperoleh dari pengamatan tersebut digunakan untuk mengetahui variasi kepadatan lalu lintas pada waktu yang berbeda. Pengamatan ini juga bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kepadatan lalu lintas dan faktor lingkungan.



Tabel 1. Hasil Perhitungan Kepadatan Lalu Lintas.

Hari Pengamatan	Jenis Kendaraan	Jumlah Kepadatan Lalu Lintas (Unit)
Senin	Roda dua-tiga (motor, bajaj, becak)	8.559
	Roda empat (mobil dan minibus)	2.582
	Roda enam dst (truk dan tronton)	500
Rabu	Roda dua-tiga (motor, bajaj, becak)	8.141
	Roda empat (mobil dan minibus)	2.348
	Roda enam dst (truk dan tronton)	445
Jumat	Roda dua-tiga (motor, bajaj, becak)	8.693
	Roda empat (mobil dan minibus)	2.560
	Roda enam dst (truk dan tronton)	541
Jumlah		34.369
Rata-rata		3.818,78

Berdasarkan Tabel 1, jumlah kendaraan yang melintas selama periode pengamatan mencapai 34.369 unit yang berasal dari jumlah seluruh kendaraan pada hari pengamatan. Seluruh data hasil pengamatan selanjutnya diolah untuk memperoleh nilai rata-rata kepadatan lalu lintas pada masing-masing lokasi penelitian. Kendaraan dua dan tiga merupakan jenis kendaraan yang paling mendominasi roda lalu lintas di kawasan penelitian dibandingkan kendaraan roda empat dan roda enam. Menurut Barthrenas, tingginya jumlah kendaraan bermotor berpotensi meningkatkan emisi gas pencemar ke atmosfer, terutama karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), hidrokarbon (HC), dan sulfur dioksida (SO₂) yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar fosil.

Tabel 2. Data Perhitungan Sifat Fisika-Kimia Lingkungan.

Waktu Pengamatan	Sifat Fisika-Kimia Lingkungan		
	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Kecepatan Angin (m/s)
Senin	41,5	54,6	1,4
Rabu	28,0	75,0	0,6
Jumat	27,4	76,3	0,0
Jumlah	96,9	205,9	2,0
Rata-rata	32,3	68,6	0,67

Berdasarkan Tabel 2, suhu rata-rata selama penelitian sebesar 32,3°C, kelembaban udara 68,6%, dan kecepatan angin 0,6 m/s. Kondisi lingkungan tersebut dapat mempengaruhi penyebaran, pengenceran, dan deposisi polutan udara pada suatu wilayah. Menurut Arna *et al.* (2025), faktor meteorologi seperti suhu, kelembapan, dan kecepatan angin berperan penting dalam menentukan distribusi polutan di atmosfer. Kecepatan angin yang rendah pada lokasi penelitian memungkinkan polutan bertahan lebih lama di udara sebelum mengalami penyebaran ke wilayah lain.

Identifikasi Jenis Lumut Kerak

Berikut adalah tabel identifikasi *lichens* yang ditemukan pada seluruh lokasi penelitian, yaitu di Jalan Pertahanan (L1T1, L1T2, L1T3), Jalan Perjuangan I (L2T1, L2T2, L2T3), Jalan Sekata (L3T1, L3T2, L3T3), dan Desa Mbaruai (K1 dan K2). Tabel ini menyajikan jenis lumut kerak yang ditemukan berdasarkan karakteristik morfologi pada setiap lokasi penelitian.

Tabel 3. Data Identifikasi Jenis *Lichens*.

Lokasi Pohon Mangga	Tipe <i>Thallus Lichens</i>	Jenis <i>Lichens</i>	Famili	Luas Tutupan <i>Lichens</i> (cm ²)
L1T1	Foliose	<i>Parmotrema perlatum</i>	Parmeliaceae	47,5
L2T1				29
L3T1				64
L1T2				42,5
L2T2				56
L3T2				59
L1T3				23
L2T3				74
L3T3				60,5

Keterangan: L1T1 : *Lichens* 1 Titik 1; L2T1 : *Lichens* 2 Titik 1; L3T1 : *Lichens* 3 Titik 1; L1T2 : *Lichens* 1 Titik 2; L2T2 : *Lichens* 2 Titik 2; L3T2 : *Lichens* 3 Titik 2; L1T3 : *Lichens* 1 Titik 3; L2T3 : *Lichens* 2 Titik 3; dan L3T3 : *Lichens* 3 Titik 3.

Berdasarkan Tabel 3, seluruh sampel lumut kerak yang ditemukan di lokasi penelitian termasuk ke dalam spesies *Parmotrema perlatum* dari famili Parmeliaceae dengan tipe *thallus foliose*. Spesies ini terdapat di seluruh pohon mangga yang dijadikan titik pengamatan dengan luas tutupan yang bervariasi antara 21–74 cm². Luas tutupan tertinggi ditemukan pada sampel P2T3 sebesar 74 cm², sedangkan luas tutupan terendah ditemukan pada sampel K2 sebesar 21 cm². Berikut gambar *lichens Parmotrema perlatum*.



Gambar 1. *Lichens Parmotrema perlatum*.

Parmotrema perlatum memiliki ciri *thallus* berbentuk lembaran menyerupai daun dengan lobus-lobus yang menempel pada substrat menggunakan *rhizine*. Menurut Waruwu *et al.* (2022), tipe *thallus foliose* merupakan salah satu tipe *lichens* yang relatif toleran terhadap perubahan kondisi lingkungan dibandingkan tipe *fruticose*. Keberadaan *Parmotrema perlatum* di seluruh lokasi penelitian menunjukkan bahwa spesies ini memiliki kemampuan adaptasi yang cukup baik terhadap kondisi lingkungan di kawasan penelitian. Namun demikian, perubahan fisiologis akibat akumulasi polutan tetap dapat terjadi meskipun spesies tersebut masih mampu bertahan hidup (Hasairin *et al.*, 2023).

Kadar Sulfur pada *Thallus Lichens*

Di bawah ini disajikan tabel data perhitungan kadar sulfur dan klorofil *thallus lichens*. Data tersebut menunjukkan variasi kadar sulfur dan klorofil pada *thallus lichens*.

Tabel 4. Data Kadar Sulfur dan Klorofil *Thallus Lichens*.

Lokasi Pohon Mangga	Kadar Klorofil			Kadar Sulfur (%)
	Klorofil a (mg/L)	Klorofil b (mg/L)	Klorofil Total (mg/L)	
L1T1	0,204	0,091	0,498	0,01
L2T1	0,231	0,103	0,544	0,01
L3T1	0,257	0,113	0,580	0,02
L1T2	0,243	0,108	0,558	0,01
L2T2	0,231	0,103	0,546	0,01
L3T2	0,245	0,109	0,566	0,02
L1T3	0,374	0,161	0,766	0,06
L2T3	0,251	0,112	0,587	0,03
L3T3	0,295	0,129	0,633	0,05

Keterangan: L1T1 : *Lichens* 1 Titik 1; L2T1 : *Lichens* 2 Titik 1; L3T1 : *Lichens* 3 Titik 1; L1T2 : *Lichens* 1 Titik 2; L2T2 : *Lichens* 2 Titik 2; L3T2 : *Lichens* 3 Titik 2; L1T3 : *Lichens* 1 Titik 3; L2T3 : *Lichens* 2 Titik 3; dan L3T3 : *Lichens* 3 Titik 3.

Berdasarkan Tabel 4, kadar sulfur pada *thallus lichens* berkisar antara 0,01–0,06%. Kadar sulfur tertinggi ditemukan di Jalan Sekata, yaitu sebesar 0,06% pada sampel P1, sedangkan kadar sulfur terendah ditemukan di Jalan Pertahanan dan Jalan Perjuangan I sebesar 0,01%. Perbedaan kadar belerang antar lokasi menunjukkan adanya variasi akumulasi polutan atmosfer yang terserap oleh *thallus lichens*.

Lumut kerak memperoleh udara dan nutrisi secara langsung dari atmosfer, sehingga unsur pencemar yang terdapat di udara dapat terakumulasi pada *thallus* dalam jangka waktu yang relatif lama. Menurut Hasairin *et al.* (2023), kemampuan akumulasi tersebut menjadikan lumut sebagai biomonitor yang efektif untuk menggambarkan kualitas udara. Tingginya kadar sulfur di Jalan Sekata mengindikasikan adanya deposisi belerang yang lebih besar dibandingkan lokasi lainnya. Selain dipengaruhi oleh aktivitas kendaraan bermotor, akumulasi belerang juga dapat dipengaruhi oleh faktor meteorologi seperti arah dan kecepatan angin yang mempengaruhi proses penyebaran polutan di atmosfer.

Hasil Korelasi Kepadatan Lalu Lintas dengan Kadar Sulfur

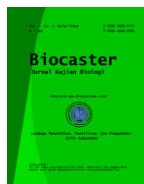
Berikut disajikan Tabel 5, hasil uji korelasi *Spearman* kepadatan lalu lintas dengan kadar sulfur.

Tabel 5. Uji Korelasi *Spearman* Kepadatan Lalu Lintas dengan Kadar Sulfur.

Correlations		Kendaraan	Sulfur
<i>Spearman's rho</i>	Kendaraan	<i>Correlation Coefficient</i>	1,000
		<i>Sig. (2-tailed)</i>	,747*
		<i>N</i>	9
	Sulfur	<i>Correlation Coefficient</i>	-,747*
		<i>Sig. (2-tailed)</i>	,021
		<i>N</i>	9

*. *Correlation is significant at the 0,05 level (2-tailed).*

Hasil uji korelasi *Spearman* menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar $r = -0,747$ dengan nilai signifikansi 0,021 ($p < 0,05$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa kepadatan lalu lintas memiliki hubungan negatif yang kuat dan signifikan



terhadap kadar sulfur pada *thallus* lumut kerak. Hubungan ini negatif menunjukkan bahwa lokasi dengan kepadatan lalu lintas yang lebih tinggi tidak selalu memiliki kadar sulfur yang lebih tinggi pada *thallus lichens*. Kondisi tersebut diduga dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang turut berperan dalam proses deposisi polutan, seperti arah angin, kecepatan angin, kondisi mikroklimat, dan keberadaan sumber pencemar lain di sekitar lokasi penelitian. Menurut Arna *et al.* (2025), penyebaran polutan udara tidak hanya ditentukan oleh jumlah sumber emisi, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi meteorologi yang mengatur proses penyebaran dan deposisi polutan di atmosfer.

Kadar Klorofil pada *Thallus Lichens*

Tabel perhitungan korelasi antara kepadatan lalu lintas dengan kadar klorofil dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Korelasi Kepadatan Lalu Lintas dengan Kadar Klorofil.

Lokasi	Sampel	Rata-rata Kepadatan Lalu Lintas	Kadar Klorofil
Jalan Pertahanan	P1	3.365,67	0,498
	P2	3.365,67	0,544
	P3	3.365,67	0,580
Jalan Perjuangan I	P1	357,67	0,558
	P2	357,67	0,546
	P3	357,67	0,566
Jalan Sekata	P1	77,3	0,766
	P2	77,3	0,587
	P3	77,3	0,633

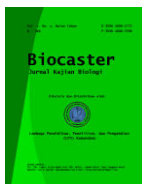
Berdasarkan Tabel 6, kadar klorofil pada *thallus lichens* berkisar antara 0,498–0,766 mg/L. Kadar klorofil tertinggi ditemukan di Jalan Sekata sebesar 0,766 mg/L, sedangkan kadar klorofil terendah ditemukan di Jalan Pertahanan sebesar 0,498 mg/L. Variasi kadar klorofil menunjukkan adanya perbedaan kondisi lingkungan yang memengaruhi aktivitas fisiologis lumut pada setiap lokasi penelitian. Klorofil merupakan pigmen utama yang berperan dalam proses fotosintesis dan sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya, serta keberadaan polutan udara (Lawendatu *et al.*, 2019). Perubahan kandungan klorofil dapat digunakan sebagai indikator fisiologis untuk mengetahui tingkat stres lingkungan yang dialami organisme. Menurut Sumadji (2021), paparan polutan udara dapat menyebabkan kerusakan pigmen fotosintesis, sehingga menghambat proses fotosintesis dan pertumbuhan organisme.

Korelasi Kepadatan Lalu Lintas terhadap Kadar Klorofil

Berikut disajikan Tabel 7, hasil uji korelasi *Spearman* kepadatan lalu lintas dengan kadar klorofil *thallus lichens*.

Tabel 7. Uji *Spearman* Kepadatan Lalu Lintas dengan Kadar Klorofil *Lichens*.

Correlations			Kendaraan	Klorofil
<i>Spearman's rho</i>	Kendaraan	<i>Correlation Coefficient</i>	1,000	-,791*
		<i>Sig. (2-tailed)</i>		,011
		<i>N</i>	9	9
	Klorofil	<i>Correlation Coefficient</i>	-,791*	1,000



Correlations		
	Kendaraan	Klorofil
Sig. (2-tailed)	,011	
N	9	9

*. Correlation is significant at the 0,05 level (2-tailed).

Hasil uji korelasi *Spearman* menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar $r = -0,791$ dengan nilai signifikansi 0,011 ($p < 0,05$). Nilai tersebut menunjukkan bahwa kepadatan lalu lintas memiliki hubungan negatif yang kuat dan signifikan terhadap kadar klorofil pada *thallus* lumut kerak. Hubungan tersebut negatif mengindikasikan bahwa peningkatan aktivitas kendaraan bermotor cenderung diikuti oleh penurunan kadar klorofil pada *thallus lichens*. Polutan udara yang terakumulasi pada permukaan *thallus* dapat mengganggu proses pembentukan dan stabilitas pigmen fotosintesis, sehingga menyebabkan penurunan kandungan klorofil. Malaspina *et al.* (2018) menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi sulfur dioksida (SO_2) dapat menghambat pembentukan klorofil dan menurunkan efisiensi fotosintesis.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan Styburski & Skubala (2023) yang melaporkan bahwa paparan polutan udara dapat menyebabkan penurunan kandungan pigmen fotosintesis pada organisme fotosintetik. Oleh karena itu, kadar klorofil pada lumut kerak dapat digunakan sebagai indikator fisiologis untuk menilai dampak pencemaran udara terhadap organisme bioindikator (Daimari *et al.*, 2021; Sujetovienė *et al.*, 2020).

SIMPULAN

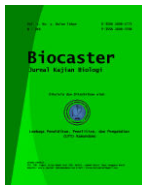
Spesies *lichens* yang ditemukan pada pohon mangga di seluruh lokasi penelitian adalah *Parmotrema perlatum* dari famili Parmeliaceae dengan tipe *thallus foliose*. Kadar sulfur tertinggi ditemukan pada Jalan Sekata sebesar 0,06%, sedangkan kadar sulfur terendah ditemukan pada Jalan Pertahanan dan Jalan Perjuangan I sebesar 0,01%. Kadar klorofil total tertinggi ditemukan pada Jalan Sekata sebesar 0,766 mg/L, sedangkan kadar klorofil total terendah ditemukan pada Jalan Pertahanan sebesar 0,498 mg/L. Hasil uji korelasi *Spearman* menunjukkan bahwa kepadatan lalu lintas memiliki hubungan negatif yang kuat terhadap kadar sulfur ($r = -0,747$) dan kadar klorofil ($r = -0,791$) pada *thallus lichens*.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengukuran konsentrasi polutan udara secara langsung, seperti SO_2 , NO_2 , dan partikulat, serta menggunakan lebih banyak lokasi penelitian dan jenis pohon inang, sehingga dapat memberikan informasi yang lebih komprehensif mengenai respons fisiologis *lichens* terhadap pencemaran udara. Selain itu, parameter fisiologis lain seperti kandungan karotenoid dan aktivitas antioksidan dapat ditambahkan untuk memperkuat kajian biomonitoring kualitas udara menggunakan *lichens*.

UCAPAN TERIMA KASIH

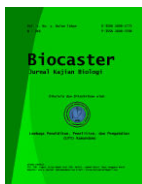
Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing atas waktu, bimbingan, arahan, serta masukan yang telah diberikan selama proses penelitian



dan penyusunan artikel ini, sehingga penelitian dapat terlaksana dan artikel ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Arna, Y. D., Mokodongan, R. S., Rina, W., Redha, P. S., Sari, J. N., Wally, R., Lukiyono, Y. T., Astuti, I. G. A. K., Rokot, A., Pandean, M. M., Bongakaraeng, B., Kawatu, Y. T., Tangka, J. W., Ransun, D., Rahayu, U. B., & Simaremare, S. R. S. (2025). *Pencemaran Udara*. Cilacap: PT. Medua Pustaka Indo.
- Daimari, R., Bhuyan, P., Hussain, S., Nayaka, S., Mazumder, M. A. J., & Hoque, R. R. (2021). Anatomical, Physiological, and Chemical Alterations in Lichen (*Parmotrema tinctorum* (Nyl.) Hale) Transplants Due to Air Pollution in Two Cities of Brahmaputra Valley, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(2), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08897-3>
- Faisal, M., Ramadhona, N., Khairani, D., Panjaitan, R. D. P. B., & Sinaga, A. (2025). Respon Tumbuhan terhadap Pencemaran Polusi Udara di Kawasan Kota Binjai. *Jurnal Sains dan Ilmu Terapan*, 7(2), 114–125. <https://doi.org/10.59061/jsit.v7i2.889>
- Hasairin, A., Hartono, A., & Siregar, R. (2023). Characterization of Lichens in Rocks (Saxicolous) in the Bukit Barisan Forest Park, Tongkoh, Karo District, Indonesia. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 21(1), 221–235. <https://doi.org/10.57239/PJLSS-2023-21.1.0018>
- Jahja, S. D., Lihawa, F., & Baderan, D. W. K. (2025). Peran *Lichens* sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) di Udara Makhluk Hidup. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Teknologi dalam Ilmu Tanaman*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.62951/hidroponik.v2i1.206>
- Lawendatu, O. P. G., Pontoh, J., & Kamu, V. S. (2019). Analisis Kandungan Klorofil pada Berbagai Posisi Daun dan Anak Daun Aren (*Arrenga pinnata*). *Chemistry Progress*, 12(2), 67–72. <https://doi.org/10.35799/cp.12.2.2019.27925>
- Malaspina, P., Modenesi, P., & Giordani, P. (2018). Physiological Response of Two Varieties of the Lichen *Pseudevernia furfuracea* to Atmospheric Pollution. *Ecological Indicators*, 86(1), 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.028>
- Pratama, A., & Trianto, M. (2020). Keanekaragaman *Lichen* di Hutan Mangrove Desa Tomoli Kabupaten Parigi Moutong. *Bio-Edu : Jurnal Pendidikan Biologi*, 5(3), 140–150. <https://doi.org/10.32938/jbe.v5i3.730>
- Rizwanda, P. A., Saputri, N. I., Septhalia, A. N., Lusiana, F., Pramuswari, D. A., & Anisa, H. A. N. (2024). Pengaruh Cekaman Cahaya terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Hijau (*Amaranthus hybridus* L.). *Maximus : Journal of Biological and Life Sciences*, 2(1), 5-10. <https://doi.org/10.35472/maximus.v2i1.1330>
- Roziaty, E. (2016). Review : Kajian *Lichens* : Morfologi, Habitat dan Bioindikator Kualitas Udara Ambien Akibat Polusi Kendaraan Bermotor. *Bioeksperimen : Jurnal Penelitian Biologi*, 2(1), 54–66.



<https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v2i1.1632>

- Styburski, J., & Skubała, K. (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(1), 112336–112346. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30194-4>
- Sujetovienė, G., Sališiūtė, J., Dagiliūtė, R., & Žaltauskaitė, J. (2020). Physiological Response of the Bioindicator *Ramalina farinacea* in Relation to Atmospheric Deposition in an Urban Environment. *Environmental Science and Pollution Research International*, 27(21), 26058–26065. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08767-4>
- Sumadji, A. R. (2021). Pengaruh Pencemaran Udara terhadap Jumlah dan Ukuran Stomata pada Tanaman Peneduh Tepi Jalan di Kota Madiun. *Biospektrum : Jurnal Biologi*, 1(2), 1-4. <https://doi.org/10.33508/bios.vi.6877>
- Takuloe, S. R. R., Jusuf, H., Nakoe, M., & Arsad, N. (2023). Risiko Paparan Sulfur Dioksida (SO₂) pada Petugas Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU). *Jambura : Journal of Epidemiology*, 2(2), 50–58. <https://doi.org/10.56796/jje.v2i2.20345>
- Tiwa, S. M., Sumampouw, O. J., & Ratag, B. T. (2024). Kualitas Udara Ambien Sulfur Dioksida (SO₂) Terminal Bus di Kota Manado: Studi Ekologi. *Journal of Public Health*, 5(2), 48–55. <https://doi.org/10.35801/srjoph.v5i2.57142>
- Utami, N. T., Apriyanto, H., Tuas, M. A., Da Costa, M., Mujiyanto, E. H., Rahmayuni, E., Putri, C. F., Nomi, A. G., Thoriq, T., Annashr, N. N., & Solo, A. A. M. (2025). *Kimia Lingkungan*. Padang: Lingkar Edukasi Indonesia.
- Waruwu, F. B. N. A., Hasairin, A., & Sudibyo, M. (2022). *Keanekaragaman Jenis Lichens (Lumut Kerak) di Kawasan Tahura Bukit Barisan Berbasis Riset*. Surabaya: CV. Global Aksara Pers.
- Wibowo, A. R. (2017). Analisis Data *Time Series* dan VCR Kepadatan Lalu Lintas (Studi Kasus: Jalan Adisucipto Depan Ambarukmo Plaza). *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 2(2), 130–137. <https://doi.org/10.21831/elinvo.v2i2.17838>