



Respon Fisiologis Pulutan (*Urena lobata* L.) terhadap Polusi Udara di Lingkungan Industri

The Physiological Response of Pulutan (*Urena lobata* L.) to Air Pollution in Industrial Environments

Winda¹, E. Harso Kardhinata², Kiki Nurtjahja^{3*}, & Ida Fauziah⁴

^{1&4}Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Medan Area, Indonesia

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Indonesia

³Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Sumatera Utara, Indonesia

Abstrak

Pencemaran udara, yang berasal terutama dari aktivitas transportasi dan industri, telah menjadi perhatian utama dalam konteks kesehatan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki hubungan antara pencemaran udara dan karakteristik morfologi daun serta kerapatan stomata tumbuhan pulutan (*Urena lobata* L.) di lingkungan terpolusi di kawasan industri Medan dan lingkungan tidak terpolusi di Percut Sei Tuan Medan, Sumatera Utara. Metode penelitian yang digunakan adalah ex-post facto dengan pendekatan laboratorik terhadap kawasan industri yang terpolusi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerapatan stomata pada daun pulutan di kawasan terpolusi, yaitu Kawasan Industri Medan, adalah 17,27/mm², sedangkan di daerah tidak terpolusi, yaitu Percut Sei Tuan, adalah 896,81/mm². Perbedaan ini memberikan gambaran tentang dampak negatif pencemaran udara terhadap tumbuhan pulutan, menyoroti pentingnya menjaga kualitas udara untuk kesehatan ekosistem dan kesejahteraan manusia.

Kata Kunci: Stomata; Daun Pulutan (*Urena lobata* L.); Karakteristik

Abstract

*Air pollution, primarily originating from transportation and industrial activities, has become a major concern in the context of environmental health. This study aims to investigate the relationship between air pollution and the morphological characteristics of leaves as well as the stomatal density of the pulutan plant (*Urena lobata* L.) in polluted environments within the industrial area of Medan and unpolluted environments in Percut Sei Tuan, Medan, North Sumatra. The research method employed is ex-post facto with a laboratory approach to the polluted industrial area. Experimental results indicate that the stomatal density on pulutan leaves in the polluted area, specifically in the Industrial Zone of Medan, is 17.27/mm², whereas in the unpolluted area, namely Percut Sei Tuan, it is 896.81/mm². This difference provides insights into the negative impacts of air pollution on pulutan plants, highlighting the importance of maintaining air quality for ecosystem health and human well-being.*

Keywords: Stomatal density; Pulutan (*Urena lobata* L.); Leaves

How to Cite: Winda, Karhinata, E. H., Nurtjahja, K., & Fauziah, I. (2024). Respon Fisiologis Pulutan (*Urena lobata* L.) terhadap Polusi Udara di Lingkungan Industri. *Jurnal Ilmiah Biologi UMA (JIBIOMA)*, 6(1) 2024: 46-54

*E-mail: kiki2@usu.ac.id

ISSN 2722-9777 (Online)



PENDAHULUAN

Potensi daun Pulutan (*Urena lobata* L.) sebagai penanda pencemaran udara di lingkungan industri merupakan subjek penelitian yang menarik dan bermakna secara ilmiah. Sebagai tumbuhan yang tumbuh subur di sekitar kawasan industri, daun Pulutan memiliki kemampuan unik untuk menyerap dan mengakumulasi polutan udara, seperti gas beracun dan partikel debu. Dengan memahami potensi daun Pulutan sebagai indikator pencemaran udara, kita dapat memanfaatkannya untuk memantau kualitas udara di lingkungan industri serta mengembangkan strategi perlindungan lingkungan yang lebih efektif (Fahmi *et al.*, 2019; Amalia *et al.*, 2021).

Dengan kemampuannya dalam menangkap polutan dari udara dan tanah, daun pulutan berpotensi sebagai penyumbang polusi sekunder ketika tumbuh di area yang terkena dampak pencemaran lingkungan. Ketika daun pulutan mati dan terurai, zat-zat kimia yang terakumulasi di dalamnya dapat dilepaskan kembali ke lingkungan, menyebabkan peningkatan tingkat polusi pada tanah dan air sekitarnya. Oleh karena itu, meskipun daun pulutan dapat berperan sebagai tanaman penyerap polutan udara, mereka juga memiliki potensi untuk menjadi bagian dari siklus polusi yang kompleks dan berkontribusi pada penurunan kualitas udara dan lingkungan secara keseluruhan jika tidak dikelola dengan baik (Cahyono *et al.*, 2022).

Pencemaran udara, khususnya oleh peningkatan konsentrasi karbon dioksida (CO₂) di atmosfer, telah menjadi isu lingkungan yang mendesak. Karbon dioksida merupakan gas rumah kaca yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar fosil dan aktivitas industri, serta merupakan salah satu penyebab utama pemanasan global dan perubahan iklim. Dalam konteks pertumbuhan tumbuhan, peningkatan kadar CO₂ dapat mempengaruhi stomata, struktur mikroskopis pada daun yang berperan dalam pertukaran gas dan regulasi transpirasi (Merdekawati, 2015; Sari *et al.*, 2022).

Stomata berperan penting dalam proses fotosintesis dan transpirasi tumbuhan. Peningkatan kadar CO₂ dapat mempengaruhi morfologi dan fungsi stomata (Sundari & Atmaja, 2017; Sumadji & Purbasari, 2018). Peningkatan CO₂ dapat menyebabkan penurunan kerapatan stomata dan ukuran relatif stomata pada beberapa jenis tumbuhan. Selain itu, perubahan kadar CO₂ juga dapat mempengaruhi regulasi pembukaan dan penutupan stomata, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi tingkat transpirasi dan efisiensi penggunaan air oleh tumbuhan. Oleh karena itu, pemahaman lebih lanjut tentang bagaimana pencemaran udara, termasuk peningkatan CO₂, memengaruhi stomata adalah

penting untuk mengantisipasi dan mengelola dampaknya terhadap ekosistem tanaman dan lingkungan secara keseluruhan (Anggraini *et al.*, 2015; Sihotang, 2017).

Lingkungan yang tercemar dapat mempengaruhi tumbuhan dalam aspek fisiologi, morfologi, laju fotosintesis, dan konsentrasi klorofil (Khalid *et al.*, 2019), serta mengurangi indeks luas daun, jumlah daun, dan struktur stomata, serta merusak klorofil (Rai, 2016; Gostin, 2016; Banerjee *et al.*, 2019; Zhao *et al.*, 2021). Gangguan utama dari pencemaran udara terjadi karena kontak langsung antara polutan dan permukaan tumbuhan, yang dapat mengganggu dan menutupi permukaan daun sehingga menghambat sistem penguapan. Pada lapisan epidermis daun terdapat sel palisade, sel mesofil, dan jaringan spons yang berfungsi mengatur atau melindungi sel dengan membuka dan menutup rongga udara saat fotosintesis. Polusi udara pada tumbuhan dapat menghalangi difusi gas karbon dioksida dan oksigen yang masuk dan keluar daun. Gangguan sekunder terjadi karena polusi yang mempengaruhi sistem akar, disebabkan oleh akumulasi polutan di tanah dan permukaan air (Sumadji, 2021).

Kegiatan di sektor transportasi dan industri menghasilkan limbah berupa emisi asap, gas beracun, dan partikel debu yang dapat mencemari udara dan lingkungan sekitarnya. Senyawa-senyawa yang diemisikan termasuk sulfur dioksida (SO_2), nitrogen dioksida (NO_2), karbon dioksida (CO_2), ozon (O_3), hidrokarbon, serta logam berat seperti timbal (Pb), seng (Zn), dan kadmium (Cd). Senyawa-senyawa yang dilepaskan oleh kendaraan bermotor dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan mesofil daun, terutama pada jaringan palisade, dan mengurangi jumlah stomata pada tumbuhan (Rachmawati, 2006), selain itu juga menghambat pertumbuhan dan proses fotosintesis (Bharti & Sharma, 2022).

Penelitian ini penting dilakukan karena pulutan, sebagai tumbuhan herba liar yang banyak tumbuh di kawasan industri Medan. Memahami dampak pencemaran udara terhadap pulutan memberikan wawasan yang berharga mengenai konsekuensi lingkungan dari polusi udara di area industri. Analisis mengenai pengaruh polusi terhadap morfologi daun dan kerapatan stomata dapat memberikan informasi yang signifikan dalam mengevaluasi keberlanjutan ekosistem di Kawasan Industri Medan, sekaligus membandingkannya dengan area yang tidak terpapar polusi udara, seperti di jalan Percut Sei Tuan, Medan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November hingga Desember 2021 di Laboratorium Biologi FMIPA Universitas Negeri Medan. Metode yang digunakan adalah *ex-post facto* dengan pendekatan laboratorik, di mana peneliti tidak mengontrol variabel bebas karena peristiwa sudah terjadi. Sampel yang diteliti adalah daun pulutan dari daerah Kawasan Industri Medan sebagai area tercemar dan dari daerah Percut Sei Tuan sebagai area tidak tercemar. Daun diambil dari dua tanaman berbeda di setiap lokasi, dan sampel diambil dari bagian tengah tangkai daun majemuk.

Tahapan pembuatan preparat daun meliputi:

- Fiksasi: Sampel direndam dalam larutan FAA (Formaldehyde Acetic Acid Alcohol) dengan komposisi 50 ml alkohol 95%, 35 ml akuades, 10 ml formalin 37%, dan 5 ml asam asetat glasial selama 24-48 jam dengan vakum.
- Dehidrasi: Larutan fiksasi dibuang, dan sampel direndam dalam alkohol 96% dengan larutan pewarna safranin 1% untuk proses dehidrasi. Alkohol diganti setiap 2 jam hingga air rendaman jernih, kemudian sampel direndam semalaman dalam alkohol.
- Penjernihan: Sampel direndam dalam campuran alkohol: xilol dengan perbandingan 3:1, 1:1, dan 1:3 masing-masing selama 2 jam, lalu dalam xilol murni selama 24 jam.
- Infiltrasi Parafin: Sampel direndam dalam campuran xilol: parafin dengan perbandingan 3:1, 1:1, dan 1:3 masing-masing selama 2 jam, kemudian dalam parafin murni I dan II selama 2 jam, dan parafin murni III selama 24 jam di oven pada suhu 50-60°C.
- Embedding: Jaringan yang telah melalui infiltrasi dimasukkan ke dalam cetakan parafin cair dan disusun sesuai kebutuhan, lalu disimpan pada suhu ruang hingga parafin mengeras.
- Penyayatan: Blok parafin yang telah memadat ditempatkan pada mikrotom untuk disayat dengan ketebalan 3-8 μm , menghasilkan pita-pita seri yang kemudian dilekatkan pada kaca objek menggunakan albumin meyer.
- Deparafinisasi: Gelas objek yang berisi irisan jaringan direndam dalam xilol selama 10 menit untuk menghilangkan parafin.
- Dealkoholisasi dan Pewarnaan: Gelas objek direndam dalam alkohol 96%, 90%, 80%, dan 70% masing-masing selama 2-5 menit, kemudian diwarnai dengan safranin 1% selama 5 menit, dicuci dengan akuades, dan direndam kembali dalam alkohol bertingkat.

- Pemasangan Preparat: Preparat dikeringkan dengan hot plate, ditetesi canada balsam, dan ditutupi dengan gelas penutup. Preparat daun diamati menggunakan mikroskop dan didokumentasikan dengan kamera digital.
- Proses pewarnaan penting untuk memperjelas elemen jaringan sehingga mudah diamati di bawah mikroskop. Tanpa pewarnaan, jaringan akan tampak transparan dan sulit untuk dianalisis.

Analisa Data

Kerapatan stomata dihitung dengan rumus (Marantika *et al.*, 2021), yaitu dengan luas pandang yang digunakan adalah pada perbesaran 10 x 10 dengan diameter bidang pandang 0,5 mm.

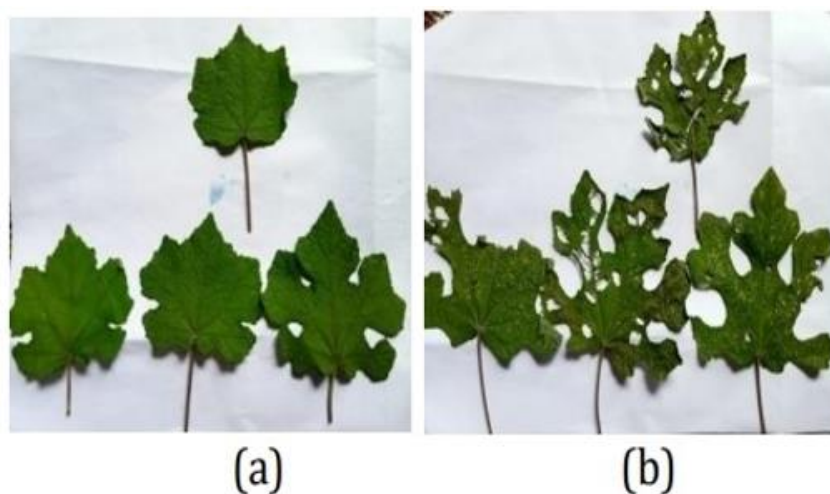
$$\text{Kerapatan Stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{Luas bidang pandang}}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} \text{Luas Bidang pandang} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,52^2 \\ &= 0,19625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

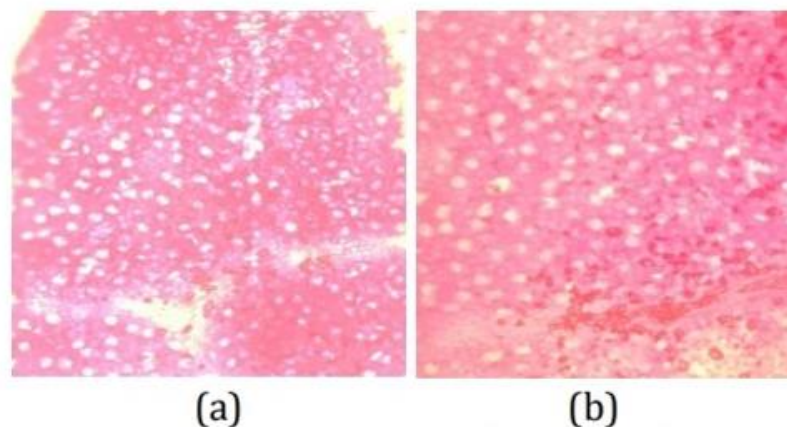
Hasil pengamatan menunjukkan perbedaan morfologi daun dan kerapatan stomata pada daun pulutan antara area terpolusi dan area tanpa polusi udara. Morfologi daun pulutan di area tanpa polusi udara umumnya mengalami kerusakan yang lebih sedikit dibandingkan dengan daun pulutan di area terpolusi (Gambar 1).



Gambar 1. Morfologi daun pulutan pada area tidak terpolusi (a) dan terpolusi (b)

Gambar 1 menunjukkan kerusakan yang diamati pada daun pulutan di area terpolusi menunjukkan adanya indikasi serangan patogen. Gejala yang tampak meliputi nekrosis, klorosis, dan deformasi daun, yang lebih signifikan dibandingkan dengan daun pulutan di area yang tidak terpolusi. Mukono (2014) menyatakan bahwa polutan udara seperti sulfur dioksida (SO_2), nitrogen dioksida (NO_2), dan ozon (O_3) dapat melemahkan pertahanan alami tumbuhan, sehingga lebih rentan terhadap serangan patogen. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi jenis patogen yang terlibat dan memahami interaksi antara polutan udara dan infeksi patogen pada tumbuhan.

Selain itu, lingkungan yang tercemar dapat mengubah mikroflora daun, sehingga meningkatkan kerentanan tumbuhan terhadap infeksi. Polutan dapat merusak struktur sel epidermis, membuka pintu masuk bagi patogen, dan mengganggu proses fisiologis penting seperti fotosintesis. Pengaruh polusi udara terhadap kesehatan tumbuhan tidak hanya terbatas pada kerusakan langsung, tetapi juga mencakup peningkatan risiko infeksi patogen yang dapat memperparah kerusakan daun. Oleh karena itu, studi ini menekankan pentingnya pengelolaan lingkungan yang lebih baik untuk mengurangi polusi udara dan melindungi kesehatan ekosistem lokal.



Gambar 2. Morfologi permukaan bawah daun pulutan dengan stomata pada area tidak terpolusi (a) dan area terpolusi (b) (perbesaran 400x)

Gambar 2 menunjukkan permukaan bawah daun pulutan yang tumbuh di daerah tidak terpolusi menunjukkan kerapatan stomata yang lebih rendah dibandingkan dengan daun yang berasal dari area terpolusi. Penurunan kerapatan stomata di daerah yang tidak terpolusi bisa terkait dengan kondisi lingkungan yang lebih bersih dan kurang stres oksidatif, yang memungkinkan tumbuhan untuk mempertahankan fungsi fisiologis normal tanpa perlu peningkatan jumlah stomata. Sebaliknya, peningkatan kerapatan stomata pada daun di area terpolusi dapat diinterpretasikan sebagai respons adaptif

terhadap kondisi lingkungan yang penuh tekanan, seperti tingginya konsentrasi polutan udara yang mengganggu proses respirasi dan transpirasi tanaman. Menurut Putri *et al.*, (2017) peningkatan kerapatan stomata sering terjadi pada tumbuhan yang terpapar polusi udara sebagai upaya untuk meningkatkan efisiensi pengambilan CO₂ untuk fotosintesis meskipun ada kerusakan pada jaringan daun.

Lebih lanjut, kondisi polusi udara dapat menyebabkan perubahan dalam regulasi hormonal tanaman, seperti peningkatan produksi etilen yang memicu pembukaan stomata. Ini menunjukkan bahwa tanaman yang terpapar polusi berusaha untuk meningkatkan pertukaran gas guna mengompensasi stres lingkungan. Suharno *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa tumbuhan yang terpapar polutan udara cenderung memiliki lebih banyak stomata terbuka sebagai mekanisme untuk menghilangkan produk sampingan toksik yang dihasilkan oleh polusi. Dengan demikian, perbedaan dalam kerapatan stomata ini menyoroti bagaimana polusi udara dapat mempengaruhi struktur dan fungsi daun, memberikan wawasan tentang adaptasi fisiologis yang dilakukan tumbuhan untuk bertahan dalam kondisi lingkungan yang merugikan.

Kerapatan stomata pada daun pulutan (*Urena lobata*) di Kawasan Industri Medan (KIM) lebih tinggi dibandingkan dengan daun yang tumbuh di daerah Percut Sei Tuan (Tabel 1). Perbedaan ini mencerminkan adaptasi tanaman terhadap tingkat polusi udara yang lebih tinggi di Kawasan Industri Medan, sementara kondisi lingkungan yang lebih bersih di Percut Sei Tuan memungkinkan kerapatan stomata yang lebih rendah.

Tabel 1. Kerapatan stomata daun pulutan di Kawasan Industri Medan dan Percut Sei Tuan.

| Lokasi | Kerapatan Stomata (per mm ²) |
|------------------------------|--|
| Kawasan Industri Medan (KIM) | 17,27 |
| Percut Sei Tuan | 896,81 |

Tabel 1 menunjukkan bahwa kerapatan stomata pada daun pulutan di Kawasan Industri Medan (KIM) lebih tinggi dibandingkan dengan daerah Percut Sei Tuan. Peningkatan kerapatan stomata pada daun pulutan di KIM ini merupakan respons adaptif tumbuhan terhadap tingginya tingkat polusi udara yang dihasilkan oleh aktivitas industri dan intensitas kendaraan yang tinggi di kawasan tersebut. Polutan udara seperti sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), dan ozon (O₃) dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan daun, sehingga tanaman beradaptasi dengan meningkatkan jumlah stomata untuk memperbaiki efisiensi pertukaran gas dan mengurangi dampak negatif dari polusi.

Penelitian oleh Alushi & Veizi (2020) melaporkan respon stomata tumbuhan *Hedera helix* terhadap polusi udara oleh karbondioksida menurunkan kerapatan stomata. Rendahnya kepadatan stomata akan berpengaruh terhadap transpirasi dan fotosintesis (Xu *et al.*, 2016). Perubahan morfologi daun pulutan pada daerah terpolusi diduga berkaitan dengan cekaman faktor abiotik yaitu CO₂ yang menyebabkan perubahan pada daun. Banyaknya bagian permukaan daun pulutan mati pada area terpolusi menunjukkan bahwa polusi udara menyebabkan kematian jaringan daun. Kematian jaringan daun akibat polusi udara diakibatkan permukaan daun tertutup polutan seperti partikel debu yang mengganggu membuka menutupnya stomata (Kashyap *et al.*, 2018).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kerapatan stomata daun tumbuhan pulutan berbeda secara signifikan antara dua lokasi penelitian. Di Kawasan Industri Medan, kerapatan stomata tercatat sebesar 896,81/mm², sedangkan di daerah Percut Sei Tuan, kerapatan stomata hanya sebesar 17,27/mm². Perbedaan kerapatan stomata ini menunjukkan adanya pengaruh kuat dari pencemaran udara terhadap morfologi daun pulutan. Kerapatan stomata yang lebih tinggi di daerah industri mengindikasikan adaptasi atau respons tanaman terhadap kondisi lingkungan yang terpolusi. Sebaliknya, kerapatan stomata yang lebih rendah di daerah Percut Sei Tuan mencerminkan kondisi lingkungan yang lebih bersih dan tidak terpengaruh oleh polusi industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Alushi, I. L. V. A., & Veizi, X. H. E. S. I. K. A. (2020). Effects of air pollution on stomatal responses, including paleoatmospheric CO₂ concentration, in leaves of *Hedera helix*. *Albanian Journal of Agricultural Sciences*, 19(1), 21-28.
- Amalia, I. A., Wahyuni, D., & Fikri, K. (2021). Toksisitas ekstrak terpurifikasi daun pulutan (*Urena lobata L.*) fraksi etanol terhadap mortalitas larva nyamuk *Aedes aegypti*. *saintifika*, 23(2), 19-32.
- Anggraini, N., Faridah, E., & Indrioko, S. (2015). Pengaruh cekaman kekeringan terhadap perilaku fisiologis dan pertumbuhan bibit black locust (*Robinia pseudoacacia*). *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 9(1), 40-56.
- Banerjee, S., Banerjee, A., Palit, D., & Roy, P. (2019). Assessment of vegetation under air pollution stress in urban industrial area for greenbelt development. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(10), 5857-5870.
- Bharti, R., & Sharma, R. (2022). Effect of heavy metals: An overview. *Materials Today: Proceedings*, 51, 880-885.
- Cahyono, E., Raharjanto, A., Hindun, I., & Nurrohman, E. (2022). Exploration Characteristics of Trichomes Shading Plant at Melati Bungur Park, Malang City Eksplorasi Karakteristik Trikoma Tumbuhan Peneduh Jalan Taman Melati Bungur Kota Malang. *Jurnal Pembelajaran Dan Biologi Nukleus p-ISSN*, 8(2), 459-469.
- Fahmi, N., Herdiana, I., & Rubiyanti, R. (2019). Pengaruh metode pengeringan terhadap mutu simplisia daun pulutan (*Urena lobata L.*). *Media Informasi*, 15(2), 165-169.

- Gostin, I. (2016). Air pollution stress and plant response. *Plant responses to air pollution*, 99-117.
- Kashyap, R., Sharma, R., & Uniyal, S. K. (2018). Bioindicator responses and performance of plant species along a vehicular pollution gradient in western Himalaya. *Environmental monitoring and assessment*, 190, 1-17.
- Khalid, N., Masood, A., Noman, A., Aqeel, M., & Qasim, M. (2019). Study of the responses of two biomonitor plant species (*Datura alba* & *Ricinus communis*) to roadside air pollution. *Chemosphere*, 235, 832-841.
- Marantika, M., Hiariej, A., & Sahertian, D. E. (2021). Kerapatan dan distribusi stomata daun spesies mangrove di Desa Negeri Lama Kota Ambon. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 12(1).
- Merdekawati, R. P. (2015). Jumlah dan ukuran stomata pada daun glodokan (*polyalthia longifolia*) di jalan tun Abdul Razak dan di area kampus UIN Alauddin Makassar. PhD diss., Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Mukono, H. J. (2014). Pencemaran udara dalam ruangan: berorientasi kesehatan masyarakat. Airlangga University Press.
- Putri, F. M., Suedy, S. W. A., & Darmanti, S. (2017). Pengaruh pupuk nanosilika terhadap jumlah stomata, kandungan klorofil dan pertumbuhan padi hitam (*Oryza sativa* L. cv. japonica). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 2(1), 72-79.
- Rai, P. K. (2016). Impacts of particulate matter pollution on plants: Implications for environmental biomonitoring. *Ecotoxicology and environmental safety*, 129, 120-136.
- Sari, A. J., Sari, T., Sulistiono, S., Rahmawati, I., & Cintamulya, I. (2022, December). Tipe Stomata Daun pada Tanaman Peneduh Dominan di Taman Kota Kediri. In *Prosiding Seminar Nasional Kesehatan, Sains dan Pembelajaran* (Vol. 2, No. 1, pp. 442-446).
- Sihotang, L. (2017). Analisis densitas stomata tanaman antanan (*Centella asiatica*, L) dengan perbedaan intensitas cahaya. *Jurnal Pro-Life*, 4(2), 329-338.
- Sumadji, A. R. (2021). Pengaruh Pencemaran Udara Terhadap Jumlah dan Ukuran Stomata Pada Tanaman Peneduh Tepi Jalan di Kota Madiun. *Biospektrum Jurnal Biologi*, 1(02).
- Sumadji, A. R., & Purbasari, K. (2018). Indeks stomata, panjang akar dan tinggi tanaman sebagai indikator kekurangan air pada tanaman padi varietas IR64 dan Ciherang. *JURNAL AGRI-TEK: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Eksakta*, 19(2).
- Sundari, T., & Atmaja, R. P. (2017). Bentuk sel epidermis, tipe dan indeks stomata 5 genotipe kedelai pada tingkat naungan berbeda. *Jurnal Biologi Indonesia*, 7(1).
- Xu, Z., Jiang, Y., Jia, B., & Zhou, G. (2016). Elevated-CO₂ response of stomata and its dependence on environmental factors. *Frontiers in plant science*, 7, 169580.
- Zhao, X., Guo, P., Yang, Y., & Peng, H. (2021). Effects of air pollution on physiological traits of *Ligustrum lucidum* Ait. leaves in Luoyang, China. *Environmental monitoring and assessment*, 193, 1-14.