



## Kerapatan dan Kerusakan Stomata pada Daun Mangga (*Mangifera indica*) di Kawasan PT Semen Gresik Pabrik Tuban Kecamatan Kerek Kabupaten Tuban

### Stomatal Density and Damage on Mango Leaves (*Mangifera indica*) in the PT Semen Gresik Factory Tuban Area, Kerek District, Tuban Regency

Achmad Nur Hidayat<sup>1)</sup>, Ali Mustofa<sup>2)</sup>, Imas Cintamulya<sup>3)\*)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas PGRI Ronggolawe Tuban

<sup>2)</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas PGRI Ronggolawe Tuban

<sup>3)</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas PGRI Ronggolawe Tuban

#### SUBMISSION TRACK

Submitted : 2024-05-08

Revised : 2024-06-10

Accepted : 2024-07-12

Published : 2024-12-20

#### KEYWORDS

Stomata, air pollution, *Mangifera indica*, Semen Indonesia Tuban Plant

#### \*CORRESPONDENCE

email:

[cintamulya66@gmail.com](mailto:cintamulya66@gmail.com)

#### ABSTRACT

This study aimed to determine the density of stomata and damage to the stomatal structure on mango leaves on the Main Road of the Indonesian Cement Factory and the Kerek-Merakurak road. This research is comparative. Sampling was conducted through a random survey in the industrial area of the Semen Indonesia Tuban plant, which was divided into two rings, namely Ring 1 at Cement Plant Main Road and Ring 2 at Kerek-Merakurak Highway. The parameters observed were stomatal density and stomatal damage. The results showed that the stomatal density in Ring 1 showed a percentage of 222.22, which indicates low density, while Ring 2 amounted to 371.91, which indicates moderate density. The results of the level of stomatal damage showed a difference in the percentage of stomatal damage on mango leaves (*Mangifera indica*) located in Ring 1 and Ring 2. Stomata located in Ring 1 had a greater percentage of stomatal damage, which amounted to 34.7% compared to stomatal damage in mango leaves located in Ring 2 by 20.7%. Stomata observed from the farthest area, namely on Kerek-Merakurak Highway, had a higher density and higher stomatal damage found in leaves taken on Cement Plant Main Road. The density and damage of mango leaf stomata can be affected by pollutant concentrations. Stomatal density is influenced by plant adaptation to the polluted environment, which causes the leaves to have a low stomatal density.

## PENDAHULUAN

Polusi udara merupakan hasil dari interaksi kompleks antara dispersi dan emisi polutan beracun dari pabrik. Partikel debu, gas, dan asap yang masuk ke dalam atmosfer menyebabkan polusi udara melebihi ambang batas kualitas udara. Polutan ini berperan sebagai prekursor dalam pembentukan kabut asap fotokimia dan hujan asam. Dampaknya meliputi masalah asma, risiko kanker paru-paru, penipisan lapisan ozon di stratosfer, serta kontribusi terhadap pemanasan global (Munsif et al. 2021). Polutan udara memengaruhi status morfologi, fisiologi, dan biokimia tanaman, dan dampaknya bervariasi secara signifikan antara spesies dan kultivar tanaman yang berbeda (Anand et al. 2022). Di seluruh dunia, polusi udara berdampak negatif pada kesehatan tanaman. Polutan seperti NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> mempengaruhi kesehatan tanaman tetapi paparan PM dan / atau O<sub>3</sub> permukaan tanah tercatat menunjukkan efek yang lebih merugikan pada

vegetasi terestrial (Mahmood, Khokhar, and Mahmood 2020).

Sulfur dioksida menyebabkan penurunan pertumbuhan biomassa akibat stres abiotik, sementara NO<sub>2</sub>, diubah menjadi asam nitrat dan nitrat sebagai hasil dari interaksi kimiawi di atmosfer, yang pada saat terpapar menyebabkan kerusakan membran sel dan degradasi klorofil (Jiechen et al. 2021). Selain itu, paparan NO<sub>2</sub> mempengaruhi kandungan klorofil daun (Sheng and Zhu 2019). Dampak pencemaran udara tidak hanya pada manusia, beberapa tanaman seperti tanaman mangga (*Mangifera indica*) yang berada di kawasan industri semen di Kabupaten Tuban juga terdampak polusi udara sebagai akibat pengolahan semen dan lalu lintas kendaraan tambang. Tanaman ini merupakan tanaman budidaya yang ditanam di sekitar pekarangan sebagai tanaman peneduh dan untuk tanaman produksi. Namun, adanya polusi udara ini dapat mengancam keberlangsungan tanaman mangga yang berada di sekitar Perusahaan. Menurut

Badamasi, (2021) diketahui bahwa tanaman rentan terhadap konsentrasi polusi udara yang sangat rendah dan menunjukkan kerusakan daun yang khas setelah terpapar polutan udara tertentu.

Komponen-komponen bahan pencemar berdampak pada perubahan morfologi dan kerusakan fisiologis sel tumbuhan terutama pada organ daun, khususnya stomata sebagai komponen penting daun yang sensitif terhadap perubahan lingkungan (Purnama Sari, Sedijani, dan Mertha 2021). Zat-zat pencemar akan terdifusi ke dalam daun melalui stomata yang juga dipengaruhi oleh keadaan udara di sekitarnya. Hal ini dikarena stomata berfungsi sebagai pintu gerbang pertukaran gas dan uap air antara tumbuhan dengan lingkungan sekitar (Endo and Torii 2019). Jumlah dan banyaknya gas yang akan masuk ke dalam daun akan sangat dipengaruhi oleh luas stomata (Paul et al. 2017). Namun, semakin tinggi tingkat paparan emisi gas buangan kendaraan bermotor, maka jumlah stomata semakin sedikit (Purnama Sari et al. 2021). Polutan di atas ambang batas tidak hanya memengaruhi kerusakan dan ukuran stomata, tetapi juga berpengaruh terhadap jumlah sel epidermis dan rasio buka atau tutupnya stomata (Rai 2016). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kerapatan dan kerusakan struktur stomata pada daun Mangga yang diambil di Jalan Utama Pabrik Semen Indonesia dan Jalan Raya Kerek-Merakurak.

Penelitian tentang pengaruh zat pencemar akibat kegiatan pabrik dan transportasi terhadap tumbuhan di sekitar kawasan pabrik Semen di Kecamatan Kerek belum banyak diteliti, sehingga penemuan struktur stomata yang mengalami anomali penting untuk diteliti strukturnya. Hal ini, sesuai dengan pendapat Taufiq et al.,(2021) bahwa pengungkapan informasi tentang potensi kerusakan yang ditimbulkan oleh kegiatan pabrik Semen penting dan perlu dilakukan sebelum benar-benar menimbulkan dampak yang lebih lanjut terhadap lingkungan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat komparatif. Pengambilan sampel daun berada di jalan raya kawasan industri

semen Indonesia di Kecamatan Kerek Kabupaten Tuban yang terletak 157 m dari pabrik semen dan jalan raya Kerek-Merakurak yang terletak 3 km dari pabrik semen yang diduga bahwa udara di tempat tersebut telah terkontaminasi oleh zat-zat pencemar secara berlebih. Pengambilan sampel dilakukan pada pukul 10.00 WIB. Sampel yang diambil berjumlah 9 sampel pada satu pohon dalam kondisi naungan dan umur yang sama. Paramater yang diamati adalah kerapatan dan kerusakan struktur stomata. Pengamatan pada stomata terbatas pada sisi adaksial karena permukaan adaksial mendapatkan paparan polusi lebih banyak, sehingga dapat mengetahui dampak langsung kerusakan yang disebabkan oleh polutan.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain kaca objek, penggaris, GPS, *handly counter*, alat tulis, kamera, mikroskop, plastik ziploks, kuteks dan selotip. Pengamatan anatomi stomata menggunakan metode cetakan (*Stomata printing method*), permukaan sampel dibersihkan menggunakan kapas yang dibasahi oleh air. Preparat stomata dibuat dari sampel daun menggunakan kuteks. Preparat stomata diamati di bawah mikroskop dan dihitung persentase kerapatan stomata (Mutaqin et al. 2016). Kerapatan stomata dan indeks stomata dihitung dengan rumus:

$$RS = \frac{S1 + S2 + S3 + \dots + Sn}{n}$$

$$KS = \frac{RS}{LBP}$$

$$LBP = P \times l$$

Keterangan:

S1 : Stomata bidang pandang 1

S2 : Stomata bidang pandang 2

S3 : Stomata bidang pandang 3

Sn : Stomata bidang pandang n

RS : Rata-rata Stomata

KS : Kerapatan Stomata

LBP : Luasan Bidang Pandang untuk perbesaran

$400 \times (P = 0.162 \text{ mm}, l = 0,122 \text{ mm})$ .

Kerapatan stomata diklasifikasikan menjadi (Rofiah, 2010):

(1.) Kerapatan rendah ( $<300/\text{mm}^2$ )

(2.) Kerapatan sedang ( $300-500/\text{mm}^2$ )

(3.) Kerapatan tinggi ( $>500/\text{mm}^2$ )

Sementara itu kerusakan stomata, yang diadopsi dari Lestari, (2006), dihitung dengan rumus:

$$\text{Kerusakan stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata yang rusak}}{\text{Jumlah stomata yang diamati}} \times 100$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan kerapatan stomata pada sampel daun dapat dilihat pada Tabel 1 dan kerusakan stomata dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Kerapatan stomata pada daun Mangga

No.	Lokasi	Kerapatan Stomata (jumlah/mm <sup>2</sup> )	Kategori
1	Jalan Utama	222,22	Kerapatan
2	Pabrik Semen Jalan Raya Kerek- Merakurak	371,91	Rendah Kerapatan Sedang

Tabel 2. Kerusakan stomata pada daun Mangga

No.	Lokasi	Persentase kerusakan stomata
1	Jalan Utama Pabrik Semen	34,7%
2	Jalan Raya Kerek- Merakurak	20,7%

Hasil kerapatan pada stomata yang disajikan pada Tabel 1 terlihat adanya perbedaan jumlah kerapatan stomata yang diamati pada 2 lokasi yang berbeda. Hasil perhitungan kerapatan stomata yang diamati di sekitar Jalan Utama Pabrik Semen menunjukkan 222,22/mm<sup>2</sup> yang menunjukkan kerapatan rendah sedangkan Jalan Raya Kerek-Merakurak adalah 371,91/mm<sup>2</sup> yang menunjukkan kerapatan sedang. Perbedaan ini disebabkan karena stomata telah mempengaruhi adaptasi dan fungsi tanaman yang dapat memodifikasi sifat-sifat stomata seperti kerapatan dan ukuran stomata dalam jangka panjang (Haworth et al. 2021; Hetherington and Woodward 2003). Sifat-sifat pada stomata memengaruhi ketahanan terhadap kekeringan dan efisiensi penggunaan air pada tanaman (Liu et al. 2023). Dalam hal ini stomata daun mangga yang berada di lingkungan pabrik semen yang berpolusi tinggi mungkin telah beradaptasi dengan mengurangi jumlah stomata sehingga tingkat kerapatannya rendah dibandingkan dengan jalan raya Kerek-Merakurak.

Hasil yang disajikan pada Tabel 2 tentang tingkat kerusakan stomata menunjukkan adanya perbedaan. Persentase kerusakan stomata pada daun mangga yang berada di sekitar Jalan Utama Pabrik Semen menunjukkan kerusakan stomata lebih tinggi, yaitu sebesar 34,7% dibandingkan dengan kerusakan stomata pada daun mangga yang berada di sekitar Jalan Raya Kerek-Merakurak sebesar 20,7%. Perbedaan ini disebabkan karena di area jalan utama pabrik semen memiliki tingkat polusi yang tinggi terutama jenis polusi *fly ash*. Adanya *fly ash* dapat memicu kerusakan pada stomata. Stomata yang rusak mengalami deformasi yang ditandai dengan bentuk sel penjaga tidak teratur dan memendek. Selain itu, stomata mungkin akan tampak tidak bisa menutup dengan benar sedangkan struktur stomata yang sehat memiliki struktur sel penjaga yang teratur dan stomata mampu menutup dengan benar (Puspitasari 2018; Putriani, Prayogo, and Wulandari 2019; Rosanti, Kartika, and Jannah 2023).

Hal ini mengindikasikan bahwa pencemaran udara berpengaruh terhadap tumbuhan, khususnya dalam proses membuka dan menutupnya stomata. Pada saat stomata membuka, dimana kondisi udara lembab, maka gas-gas yang ada di udara yang terserap tumbuhan akan menyebabkan menutupnya stomata, akibat akumulasi polutan pada sel penutup, sel penjaga, serta jaringan mesofil dan mempengaruhi kinerja ion-ion dalam proses fotosintesis. Selain itu, paparan emisi kendaraan juga berkontribusi terhadap kerusakan pada stomata yang dapat meningkatkan tingginya persentase menutupnya celah stomata di samping rendahnya kadar klorofil dan adanya kerusakan morfologi daun (Suhadiyah, Barkey, and Tambaru 2014).

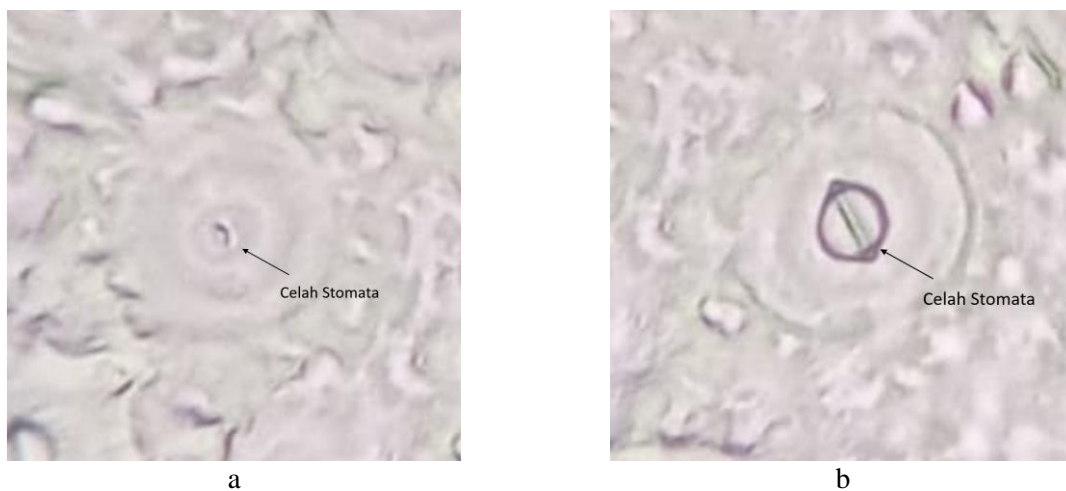
Kerapatan stomata juga dipengaruhi oleh pencemaran udara. Hal ini merupakan bentuk adaptasi fisiologis akibat pencemaran udara. Polutan yang menempel pada stomata akan terakumulasi dan apabila dalam jumlah yang besar dapat merusak sel-sel stomata (Primawati and Daningsih 2022). Sel-sel stomata yang rusak akan merangsang produksi stomata dalam jumlah yang lebih banyak agar proses fotosintesis berjalan dengan normal sebagai bentuk adaptasi (Haworth

et al. 2021). Jumlah stomata di daerah tercemar lebih tinggi dibanding di daerah tidak tercemar. Namun, terdapat beberapa spesies tanaman yang melakukan sebaliknya yaitu dengan mengurangi jumlah stomata (Bhardwaj, Banga, and Viswavidyalaya 2005; Pandey 2017). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian ini, stomata yang diamati pada daun yang diambil di sekitar Jalan Utama Pabrik Semen memiliki kerapatan yang rendah. Oleh karena itu, kerapatan stomata dipengaruhi oleh keadaan lingkungan. Hasil penelitian Sajid et al. (2022) melaporkan bahwa konsentrasi *fly ash* tertinggi (25-35%) dapat menurunkan pertumbuhan, fotosintesis terganggu dan meningkatkan stres oksidatif.

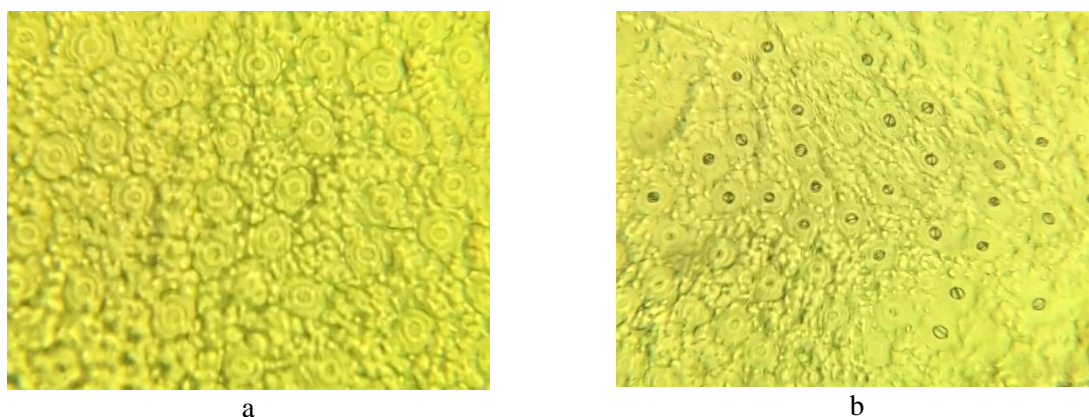
*fly ash* yang masuk dan terakumulasi pada tanaman dapat menyebabkan kandungan Cu pada

pucuk meningkat, sementara kandungan Cu pada akar menurun. Hal ini berdampak terhadap kadar klorofil total, klorofil a, dan klorofil b menurun secara signifikan, sedangkan aktivitas peroksidase (POD) dan katalase (CAT) secara umum meningkat seiring dengan meningkatnya dosis *fly ash*. Selain itu, *fly ash* juga menyebabkan kloroplas, mitokondria, dan struktur internalnya mengalami kerusakan, serta kerusakan struktur sel daun (Wang et al. 2024).

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat kerapatan stomata tertinggi di jalan Jalan Utama Pabrik Semen Indonesia. Hal ini didukung dengan banyaknya lalu lalang kendaraan hasil bongkar muat semen dari pabrik sedangkan di jalan Kerek-Merakurak cenderung lebih sedikit volume kendaraan yang melewati jalan tersebut.



Gambar 1. Struktur morfologi sampel stomata *Mangifera indica* melalui teknik printing  
(a) bentuk stomata abnormal yang memiliki celah stomata sempit.  
(b) bentuk stomata normal dengan struktur sel penjaga dan celah stomata teratur dan lebar



Gambar 2. Kerapatan stomata *Mangifera indica* melalui teknik printing pada bagian adaksial  
(a) kerapatan sedang (b) kerapatan stomata rendah



## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa stomata yang di amati dari daerah terjauh yaitu di Jalan Raya Kerek-Merakurak memiliki kerapatan yang lebih tinggi dan kerusakan stomata yang lebih tinggi ditemukan pada daun yang diambil di Jalan Utama Pabrik Semen Indonesia.

Kerapatan dan kerusakan stomata daun mangga dapat dipengaruhi oleh konsentrasi bahan pencemar. Kerapatan stomata dipengaruhi oleh bentuk adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan tercemar yang menyebabkan daun memiliki kerapatan stomata yang rendah. Keadaan lingkungan berpolusi tinggi memberikan kemungkinan tanaman telah beradaptasi dengan mengurangi jumlah stomata sehingga tingkat kerapatannya rendah dibandingkan dengan stomata pada daun yang diambil dari jalan raya Kerek-Merakurak. Kerusakan stomata tertinggi di Jalan Utama Pabrik Semen Indonesia. Kerusakan pada stomata ditandai dengan stomata mengalami deformasi dengan bentuk sel penjaga tidak teratur dan memendek.

Saran dari penelitian ini adalah perlu ditambah indikator lingkungan yang meliputi intensitas cahaya, kelembapan, suhu, jumlah partikel dan kecepatan angin untuk mendukung penelitian. Pengaruh dari kerapatan dan kerusakan stomata tidak hanya dari faktor jumlah partikel pencemar namun kondisi lingkungan juga mempengaruhi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada PT Semen Indonesia atas sumbangan pemikirannya dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alushi, Ilva, and Xhesika Veizi. 2020. "Effects of Air Pollution on Stomatal Responses, Including Paleoatmospheric CO<sub>2</sub> Concentration, in Leaves of *Hedera Helix*." *Albanian j. Agric. Sci* 19(1):21–28.
- Anand, Pratibha, Usha Mina, Mukesh Khare, Prashant Kumar, and Sri Harsha Kota. 2022. "Air Pollution and Plant Health Response-Current Status and

Future Directions." *Atmospheric Pollution Research* 13(8):101508. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apr.2022.101508>.

- Badamasi, Hamza. 2021. "Biomonitoring of Air Pollution." *Atmosphere* 12(4):27–39. doi: 10.3390/atmos12040433.
- Bhardwaj, S. D., Uttar Banga, and Krishi Viswavidyalaya. 2005. "VARIATION IN STOMATAL COUNT AND SIZE DUE TO CEMENT DUST ON THE LEAVES OF *SHOREA ROBUSTA*." 10(2):120–26.
- Endo, Hitoshi, and Keiko U. Torii. 2019. "Stomatal Development and Perspectives toward Agricultural Improvement." *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology* 11(5):1–16. doi: 10.1101/cshperspect.a034660.
- Haworth, Matthew, Giovanni Marino, Francesco Loreto, and Mauro Centritto. 2021. "Integrating Stomatal Physiology and Morphology: Evolution of Stomatal Control and Development of Future Crops." *Oecologia* 197(4):867–83. doi: 10.1007/s00442-021-04857-3.
- Hetherington, Alistair M., and F. Ian Woodward. 2003. "The Role of Stomata in Sensing and Driving Environmental Change." *Nature* 424(6951):901–8. doi: 10.1038/nature01843.
- Jiechen, Wang, Wang Yue, Zhang Huihui, Guo Dandan, and Sun Guangyu. 2021. "Atmospheric Nitrogen Dioxide at Different Concentrations Levels Regulates Growth and Photosynthesis of Tobacco Plants." *Journal of Plant Interactions* 16(1):422–31. doi: 10.1080/17429145.2021.1967474.
- LESTARI, ENDANG GATI. 2006. "The Relation between Stomata Index and Drought Resistant at Rice Somaclones of Gajahmungkur, Towuti, and IR 64." *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 7(1):44–48. doi: 10.13057/biodiv/d070112.
- Liu, Congcong, Lawren Sack, Ying Li, Jiahui Zhang, Kailiang Yu, Qiongyu Zhang, Nianpeng He, and Guirui Yu. 2023. "Relationships of Stomatal Morphology to the Environment across Plant Communities." *Nature Communications* 14(1). doi: 10.1038/s41467-023-42136-2.
- Mahmood, Fatimah, Muhammad Fahim Khokhar, and Zafar Mahmood. 2020. "Examining the Relationship of Tropospheric Ozone and Climate Change on Crop Productivity Using the Multivariate Panel Data Techniques." *Journal of Environmental Management* 272:111024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111024>.
- Munsif, Rabia, Muhammad Zubair, Ayesha Aziz, and Muhammad Nadeem Zafar. 2021. "Industrial Air Emission Pollution: Potential Sources and Sustainable Mitigation." *Environmental Emissions* (x):1–13. doi: 10.5772/intechopen.93104.
- Mutaqin, Asep Zainal, Ruly Budiono, Tia Setiawati,

- Moahamad Nurzaman, and Radewi Safira Fauzia. 2016. "Studi Anatomi Stomata Daun Mangga (*Mangifera Indica*) Berdasarkan Perbedaan Lingkungan." *Jurnal Biodjati* 1(1):13. doi: 10.15575/biodjati.v1i1.1009.
- Pandey, Sandeep. 2017. "Impact of Cement Dust Pollution on Leaf Anatomical Features of *Lantana Camara* and *Calotropis Procera*." *Current Science International* 6(1):34–40.
- Paul, Vijay, Laxmi Sharma, Rakesh Pandey, and R. C. Meena. 2017. "Measurements of Stomatal Density and Stomatal Index on Leaf / Plant Surfaces." (November). doi: 10.13140/RG.2.2.13426.40646.
- Primawati, Rini, and Entin Daningsih. 2022. "Distribusi Dan Luas Stomata Pada Enam Jenis Tanaman Dikotil." *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 27(1):27–33. doi: 10.18343/jipi.27.1.27.
- Purnama Sari, Baiq Wiwik, Prapti Sedijani, and I. Gde Mertha. 2021. "Traffic Density Affects Stomatal Character of Tanjung Plant (*Mimusops Elengi*, L.) in Mataram City." *Jurnal Biologi Tropis* 21(1):1–7. doi: 10.29303/jbt.v21i1.2109.
- Puspitasari, Wina Dyah. 2018. "Analisis Struktur Jaringan Epidermis Dan Derivatnya Pada Daun Beberapa Tumbuhan Hidrofit Sebagai Materi Bahan Ajar Mata Kuliah Anatomi Tumbuhan." *Jurnal Biosains* 3(3):156. doi: 10.24114/jbio.v3i3.8114.
- Putriani, Anita, Hari Prayogo, and Reine Suci Wulandari. 2019. "Karakteristik Stomata Pada Pohon Di Ruang Terbuka Hijau Universitas Tanjungpura Kota Pontianak." *Jurnal Hutan Lestari* 7(2):746–51. doi: 10.26418/jhl.v7i2.33629.
- Rai, Prabhat Kumar. 2016. "Impacts of Particulate Matter Pollution on Plants: Implications for Environmental Biomonitoring." *Ecotoxicology and Environmental Safety* 129:120–36. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.03.012>.
- Rosanti, Dewi, Trimin Kartika, and Miftahul Jannah. 2023. "Struktur Stomata Pada Familia Poaceae Di Desa Kota Bumi Kecamatan Tanjung Lubuk Kabupaten OKI." *Indobiosains* 5(1):25–32. doi: 10.31851/indobiosains.v5i1.10980.
- Sajid Ansari, Moh, Gufran Ahmad, Abrar A. Khan, Heba I. Mohamed, and Abeer Elhakem. 2022. "Coal Fly Ash and Nitrogen Application as Eco-Friendly Approaches for Modulating the Growth, Yield, and Biochemical Constituents of Radish Plants." *Saudi Journal of Biological Sciences* 29(6). doi: 10.1016/j.sjbs.2022.103306.
- Sheng, Qianqian, and Zunling Zhu. 2019. "Effects of Nitrogen Dioxide on Biochemical Responses in 41 Garden Plants." *Plants* 8(2):1–15. doi: 10.3390/plants8020045.
- Suhadiyah, Sri, Roland Alexander Barkey, and Elis Tambaru. 2014. "Korelasi Kondisi Daun Terhadap Kadar Pb, Dan Klorofil Daun *Hibiscus Tiliaceus* Dan *Swietenia Macrophylla* King Di Kampus Universitas Hasanuddin Makassar."
- Taufiq, Ahmad, Sasmita Yuliza, Alponsin, and Zuhri Syam. 2021. "Pengaruh Pencemaran Debu Semen Pada Struktur Dan Fungsi Daun Beberapa Jenis Tanaman Berdaun Lebar." *Bio-Lectura* 8(1):17–28. doi: 10.31849/bl.v8i1.6354.
- Wang, Shengpu, Xinpeng Hu, Bingbing Li, Haojia Zhang, Xin Xiao, Ruoxi Qian, and Xi Huang. 2024. "Photosynthesis and Stress Response of Coal Fly Ash on Stem Elongation in Wheat." *Environmental Science and Pollution Research*. doi: 10.1007/s11356-024-33953-z.