

**PEMANFAATAN TUMBUHAN HERBACEOUS SEBAGAI BIOINDIKATOR  
PENCEMARAN UDARA DENGAN PENGAMATAN MIKROSKOPIS*****Utilization of Herbaceous Plants as Bioindicators of Air Pollution by  
Microscopic Observation*****Meilyn Misya<sup>1\*</sup>, Johan Danu Prasetya<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Lingkungan, UPN "Veteran" Yogyakarta, Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Sleman, Yogyakarta, Indonesia\*Email : [14200060@student.upnyk.ac.id](mailto:14200060@student.upnyk.ac.id)**Abstract**

Air quality plays a crucial role in sustaining life and maintaining the balance of our planet. To monitor and maintain air quality, initiatives have been taken, such as using bioindicators. A research study was conducted to compare air quality in two different locations - the Mancasan Lor residential area and the east park area of Campus I UPN "Veteran" Yogyakarta. The researchers used *Rhoe discolor* plants and employed methods like literature study, sampling, and microscope observation in the laboratory. The study found that samples with more open stomata were indicative of better air quality in a preserved environment. This research highlights the importance of monitoring air quality to prevent environmental degradation and promote the wellbeing of ecosystems.

**Keywords:** *Bioindicator, Pollution, Air quality, Stomata***Abstrak**

Udara merupakan komponen lingkungan dan sumber daya esensial yang menopang berbagai kehidupan makhluk hidup. Kualitas udara secara langsung dapat memengaruhi ekosistem, dan keseimbangan planet kita. Dewasa ini, peningkatan terhadap degradasi lingkungan telah mendorong kesadaran untuk memulai inisiatif dalam menjaga kualitasnya. Salah satu metode yang dapat dilakukan ialah dengan monitoring menggunakan bioindikator. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan dan membandingkan kualitas udara di dua tempat berbeda yakni di kawasan permukiman Mancasan Lor dan kawasan taman timur Kampus I UPN "Veteran" Yogyakarta menggunakan tumbuhan *Rhoe discolor*. Metode yang diterapkan adalah studi literatur, sampling dan pengamatan mikroskop di laboratorium. Sampel dengan jumlah stomata terbuka lebih banyak diasosiasikan dengan kualitas udara pada lingkungan yang masih terjaga.

**Kata kunci:** *Bioindikator, Pencemaran, Kualitas udara, Stomata*

## PENDAHULUAN

Perkembangan suatu daerah atau wilayah kerap kali berjalan bersamaan dengan hal-hal lainnya. Perkembangan ini biasanya didukung oleh peningkatan jumlah penduduk, ekonomi, industri dan juga transportasi. Keempat hal ini dikenal juga sebagai sumber penyumbang polutan udara yang dapat berdampak pada pencemaran udara. Semakin tinggi perkembangan suatu wilayah, umumnya, kualitas udaranya pun semakin menurun. Khususnya pada wilayah yang padat penduduk.

Kabupaten Sleman dikenal sebagai salah satu daerah terpadat di DIY dengan Kecamatan Depok sebagai kecamatan paling padat penduduk. Menurut informasi dari survei terakhir yang dilakukan oleh Dukcapil di tahun 2014 silam, jumlah penduduk Kabupaten Sleman mengalami peningkatan sebesar 1.5% dengan jumlah penduduk sebanyak 1.063.448 jiwa. Jumlah ini tergolong besar jika dibandingkan dengan cakupan luas keseluruhan wilayah menjadikan daerah Sleman padat penduduk. Kecamatan Depok merupakan daerah dengan tingkat densitas penduduk tertinggi. Angkanya sendiri hampir mendekati 4 jiwa/km<sup>2</sup> (Pemkab, 2014).

Penurunan kualitas udara disebabkan oleh pencemaran udara. Pencemaran udara sendiri disebabkan oleh masuknya zat polutan ataupun pencemar dalam jumlah besar sehingga melampaui batas ambang kapasitas menyerap udara. Dalam konteks fisik, fenomena ini terjadi karena penyebaran zat-zat polutan yang masuk ke dalam udara dan kemudian menyebar ke area sekitarnya. (Sugiarti, 2009). Sumber zat-zat polutan ini umumnya mudah di temui di kehidupan sehari-hari. Contohnya ialah karbon monoksida (CO) yang dihasilkan oleh proses pembakaran kendaraan bermotor. Selain itu, ada pula sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) yang banyak dihasilkan oleh pembangkit listrik ataupun alat pemanas rumah tangga. Pencemaran udara berdampak pada disfungsi-nya udara. Jika terjadi secara kontinu dalam skala yang luas, maka akan menjadi masalah lingkungan setempat.

Salah satu metode monitoring kualitas udara sederhana yang dapat dilakukan ialah dengan memanfaatkan tumbuhan *herbaceous* sebagai bioindikator. Tumbuhan *herbaceous* cukup dikenal pada bidang Botani khususnya pada cabang fisiologi tanaman, akibat peranannya dalam mendukung banyak kemajuan investigasi fisiologi molekuler

(Theodore dan Stephen, 1997). Jenis tumbuhan ini dapat dengan mudah di temukan di daerah perkotaan maupun pedesaan. Kelebihan ini yang menjadi salah satu alasan kenapa tumbuhan ini dapat dijadikan sebagai bioindikator (Nikinmaa, 2014). Dalam keilmuan toksikologi lingkungan, bioindikator diartikan sebagai organisme ataupun respon biologis yang mampu mengungkap keberadaan suatu polutan dengan munculnya respon tertentu yang mengubah fisiologi ataupun kimiawi tumbuhan (Al-Mayah et al, 2016; Mothersill, 2016). Secara fisik, tumbuhan ini terdiri dari berbagai rerumputan dan vegetasi non-kayu dan memiliki kepekaan yang unik terhadap perubahan kualitas udara. Tumbuhan ini dapat menyerap gas berguna ataupun berbahaya (Muryani dan Prasetya, 2022).

Umumnya, tumbuhan ini dapat mengakumulasi polutan udara di permukaan daunnya sebagai pengumpul partikel pasif. Daun dikenal sebagai salah satu bagian tumbuhan yang sensitif terhadap perubahan lingkungan. Pada bagian permukaan juga dapat ditemukan stomata. Stomata terdiri dari pori-pori kecil yang disebut stomata yang dikelilingi oleh sepasang sel penutup. Sel penutup ini yang kemudian menyebabkan sensitivitas tumbuhan pada udara luar. Sel penutup mendeteksi partikel kimia di udara luar dan menyebabkan pembukaan dan penutupan secara otomatis pada stomata. Beberapa penelitian pernah membahas dampak dari paparan tanaman dengan karbon monoksida (CO) terhadap penutupan stomata (Song et al, 2007; Cao et al, 2007).

Memanfaatkan sensitivitas stomata terhadap udara, penelitian ini menggunakan tanaman *Rhoeo discolor* sebagai bahan penelitian untuk menentukan dan membandingkan kualitas udara di dua tempat berbeda.

## METODE

### Waktu dan Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan pada tanggal 20 Maret 2023 di Laboratorium Biologi Lingkungan UPN “Veteran” Yogyakarta. Pengambilan sampel tumbuhan *Rhoeo discolor* dilakukan di dua lokasi berbeda. Lokasi pengambilan sampel ke-I berada di Taman Timur Kampus I UPN “Veteran Yogyakarta dengan koordinat geografis UTM x = 434889,6 mT dan y = 9141941,0 mU. Sementara lokasi pengambilan sampel ke-II berada di Kawasan permukiman warga tepatnya di depan rumah warga di daerah

Mancasan Lor, Kelurahan Condongcatu, Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, DIY.

Lokasi geografisnya berada pada koordinat UTM x = 435247,2 mT dan y = 9142518,8 mU.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Pengambilan Sampel I (a) dan Lokasi Pengambilan Sampel II (b)

### Alat dan Bahan

Penelitian dilakukan dengan bantuan alat dan bahan. Beberapa di antaranya termasuk: 2 sampel daun *Rhoe discolor* dari 2 lokasi berbeda, cutter, mikroskop, kaca preparat, kaca penutup, pipet, aquades, gelas beker, tisu, dan alat tulis.

### Pengumpulan Data

#### Studi literature

Metode ini dilakukan pencarian kepustakaan terhadap berbagai literatur yang sesuai dan berhubungan.

#### Sampling

Metode sampling atau pengambilan sampel dilakukan dengan memilih representasi spesies dari suatu populasi tertentu. Tujuannya adalah untuk mendapatkan sampel yang mewakili populasi tersebut secara proporsional. Hal ini dilakukan karena adanya keterbatasan, seperti ukuran populasi yang terlalu besar dan untuk mempercepat penelitian.

#### Pengamatan mikroskop

Metode pengamatan mikroskop dipilih untuk melihat bagian tumbuhan dengan akurasi tinggi dengan pembesaran. Mikroskop yang digunakan pada penelitian ini adalah mikroskop cahaya. Bagian tumbuhan yang diamati dengan mikroskop adalah stomata untuk mengukur

tingkat kerusakan tanman. Stomata hasil pengamatan kemudian di dokumentasi dan di analisis secara matematis berdasarkan rumus berikut:

$$\% \text{Kerusakan } S = \frac{\sum S. \text{Tertutup}}{\sum \text{Total } S.} \times 100\%$$

Keterangan:

S = Stomata

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penulis memaparkan hasil-hasil yang diperoleh dari penelitian yang sudah dilakukan, termasuk hasil uji statistik. Hasil-hasil ini kemudian dibahas kebermaknaannya secara saintifik, dengan menekankan pada kebaruan yang diperoleh.

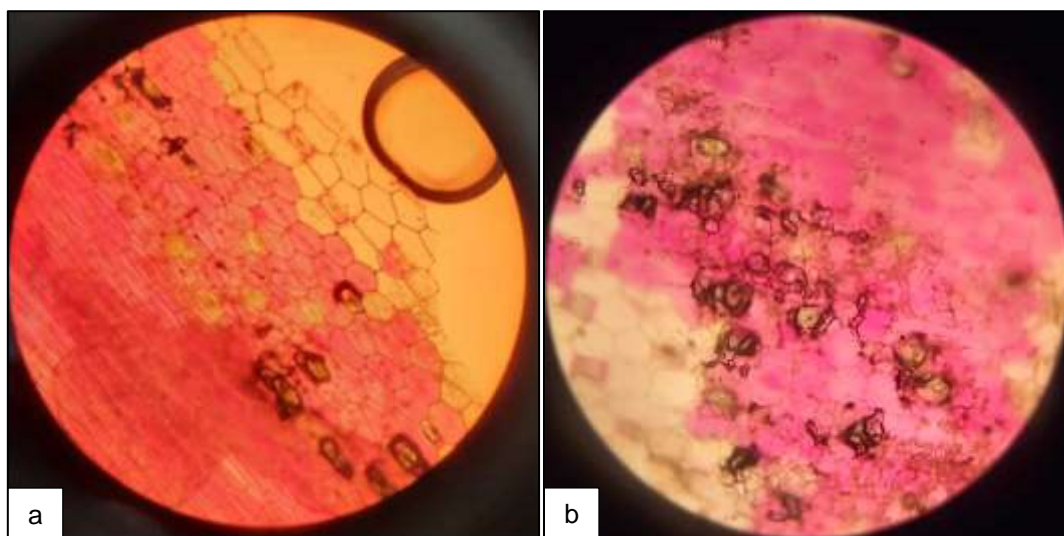
Pengukuran kerusakan tanaman di awali dengan identifikasi stomata tertutup dan terbuka. Stomata tertutup seringkali dikorelasikan dengan stomata yang tidak sehat atau tercemar dan sebaliknya pada stomata yang tertutup. Kenampakan keduanya pun akan berbeda. Stomata yang sehat akan berwarna hijau dan berbentuk bulat sempurna sedangkan stomata yang tercemar berwarna cenderung kehitaman, tertutup dan terlihat kotor. Berdasarkan penelitian di laboratorium, di peroleh hasil identifikasi pada kedua sampel yang disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Pengamatan Kerusakan Stomata

Sampel	Stomata Terbuka	Stomata Tertutup	Total Stomata	Kerusakan Stomata (%)
Lokasi I	14	5	19	26,3158
Lokasi II	4	22	26	64,6154

Merujuk pada data Tabel 1, kedua sampel masuk ke dalam klasifikasi tingkat kerusakan stomata yang berbeda. Sampel dari lokasi pengambilan sampel 1, memiliki jumlah total stomata sebanyak 19 buah dengan rincian sebanyak 14 stomata terbuka dan 5 stomata tertutup sehingga memiliki persentase kerusakan sebesar 26,3158%. Dari hasil tersebut, dapat diamati bahwa jumlah stomata terbuka lebih banyak dibandingkan dengan jumlah stomata tertutup pada area yang tidak tercemar. Dengan kata lain daerah tidak tercemar juga berpotensi untuk memiliki kadar kerusakan yang relatif rendah. Sedangkan di lokasi pengambilan sampel II, terdapat 4 stomata terbuka dan 22 tertutup, mengindikasikan kondisi tercemar. Presentasi kerusakannya mencapai 64.6154%.

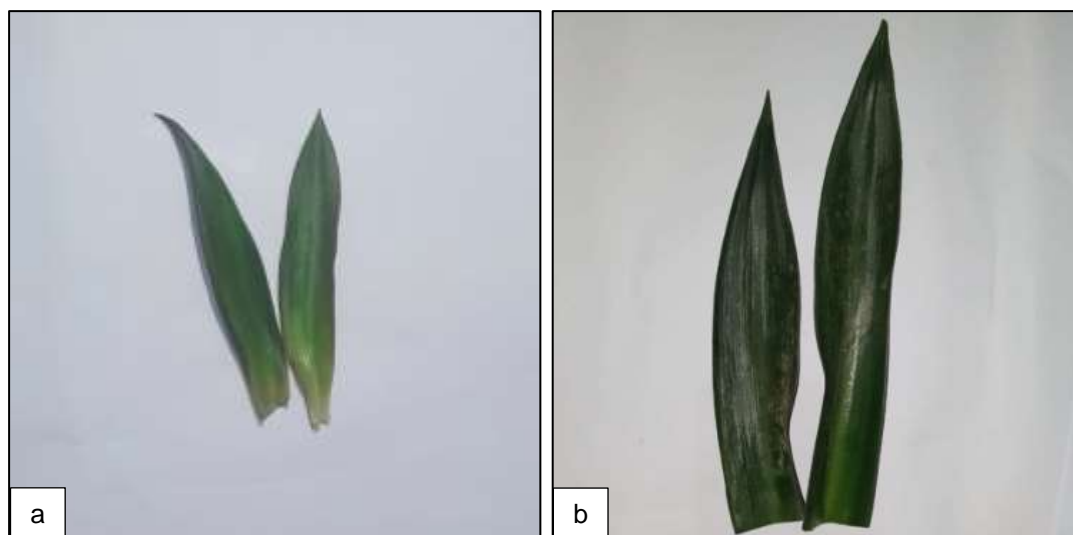
Melalui pengamatan dan analisa yang telah dilakukan pada kedua sampel, dapat disimpulkan bahwa semakin besar hasil kerusakan stomata yang didapatkan, semakin tinggi pula tingkat pencemaran udara yang ada di area tersebut. Hasil penelitian ini sesuai dengan hipotesis awal, yakni daerah tercemar akan memiliki lebih sedikit jumlah stomata tertutup, sedangkan daerah yang tidak tercemar akan memiliki lebih banyak stomata terbuka. Hal tersebut dapat dibuktikan dari hasil penelitian sayatan daun *Rhoe discolor* yang diambil dari daerah yang tercemar memiliki persentase kerusakan stomata yang lebih besar dibandingkan sayatan daun yang diambil dari Kampus I UPN “Veteran” Yogyakarta yang diasumsikan sebagai daerah tidak tercemar (Gambar 2).



**Gambar 2.** Kenampakan Stomata: a) Lokasi Pengambilan Sampel I dan b) Lokasi Pengambilan Sampel II

Berdasarkan Gambar 2. dapat dijelaskan bahwa perubahan kualitas udara berpengaruh besar terhadap tumbuhan, terlebih tumbuhan yang lebih sensitif seperti tumbuhan *herbaceous*. Pengamatan yang sangat jelas dapat dilihat langsung pada kenampakan stomata pada tumbuhan. Semakin tercemar suatu daerah semakin banyak jumlah stomata tertutupnya dan kotor. Hal ini disebabkan terjadinya blokade polutan pada sel-sel tertentu yang menyebabkan penutupan serta kerusakan stomata.

Secara fisis, kedua sampel daun yang diambil pun memiliki beberapa tampilan yang dapat mendukung hipotesa awal mengenai lokasi mana yang tercemar dan tidak. Daun sampel I yang berasal dari daerah tidak tercemar terlihat lebih segar dengan warna hijau yang lebih jelas. Sedangkan daun sampel II yang berasal dari daerah tercemar, terlihat tertutup debu dengan bercak kecoklatan pada beberapa daerah (Gambar 3).



**Gambar 3.** Kenampakan daun pada a) sampel I dan b) sampel II

Perbedaan jumlah stomata pada beda tumbuhan dapat disebabkan oleh beberapa faktor lain seperti intensitas cahaya matahari, suhu, kandungan air dalam tumbuhan, nutrisi tanah, intensitas lalu lintas kendaraan di sekitarnya serta waktu. Semakin besar intensitas cahaya matahari semakin tinggi pula proses fotosintesis yang terjadi, begitupun sebaliknya. Sedangkan suhu berpengaruh pada proses fotosintesis akibat pengaruh aktivitas enzim terhadap suhu. Suhu yang terlalu tinggi hingga melebihi batas optimum dapat merusak enzim sementara suhu yang terlalu rendah pun dapat menyebabkan ketidakaktifan enzim. Sementara kualitas nutrisi tanah yang buruk di barengi dengan kurangnya kadar air dalam tumbuhan dapat menyebabkan gangguan pada proses pertumbuhan tanaman. Kemudian, faktor intensitas kendaraan berpengaruh pada jumlah CO yang dapat diserap tumbuhan. Semakin tinggi intensitas kendaraan yang ada maka kualitas udara yang ada di daerah tersebut akan semakin menurun.

CO merupakan salah satu contoh polutan udara. Waktu pengambilan juga dapat berpengaruh besar terhadap jumlah tutupan stomata. Umumnya, stomata tertutup pada malam hari dan terbuka pada siang hari. Mekanisme ini terjadi untuk mencegah kehilangan air pada tanaman saat fotosintesis tidak terjadi. Selain itu, biasanya, stomata akan terbuka saat siang hari sebagai akses CO<sub>2</sub> yang merupakan bahan fotosintesis. Seiring menggelapnya hari, maka stomata pun akan perlahan menutup.

Pada proses pengambilan sampel dilakukan pula analisis fauna, flora dan sosial pada masing-masing lokasi pengambilan sampel. Pada lokasi

pengambilan sampel I, tidak tercemar, terdapat banyak tanaman hias seperti sri rejeki dan *coleous*. Tanaman *Rhoe discolor* ditanam terpusat pada satu petak tanah. Fauna yang dapat diamati ialah lebah. Dari segi aspek sosial, daerah ini sering dilalui oleh mahasiswa dan juga tempat untuk berkumpul untuk berdiskusi. Akan tetapi letaknya jauh dari parkir atau sumber polutan yang sering di temukan di perkotaan. Sedangkan pada lokasi pengambilan II, tercemar, dapat di amati pula beberapa tumbuhan hias di sekitar depan daerah warga. Fauna yang dapat diamati ialah capung dan kucing peliharaan. Dari aspek sosial, daerah pengambilan sampel langsung berbatasan dengan jalan perumahan yang sering dilalui transportasi. Hal ini dikarenakan lokasinya yang berdekatan dengan fasilitas olahraga umum.



**Gambar 4.** Transportasi di Lokasi Pengambilan Sampel II

Salah satu cara pengendalian pencemaran udara yang didasarkan pada Peraturan Pemerintah No 41 Tahun 1999 adalah dengan menetapkan standar mutu udara ambien, emisi sumber tidak bergerak, tingkat gangguan, serta ambang batas emisi gas buang dan kebisingan

kendaraan bermotor [20]. Selain itu, setiap individu atau perusahaan yang menghasilkan emisi atau gangguan dari sumber tidak bergerak diwajibkan mematuhi persyaratan mutu yang telah ditetapkan dalam izin mereka. Untuk mengendalikan pencemaran dari sumber bergerak, langkah-langkah meliputi pengawasan terhadap ambang batas emisi gas buang, pemeriksaan emisi gas buang pada kendaraan bermotor baru maupun lama, pemantauan mutu udara di sekitar jalan, serta pengadaan bahan bakar minyak bebas timah hitam dan solar dengan kadar belerang rendah sesuai standar internasional. Sebagai langkah sederhana, masyarakat dapat mengurangi pencemaran udara dengan mengurangi penggunaan transportasi pribadi dan beralih ke transportasi umum.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di 2 lokasi yang berbeda dapat disimpulkan nilai indeks pencemaran biologis, Lokasi pengambilan sampel I, Kampus I UPN “Veteran” Yogyakarta memiliki nilai persentase sebesar 26,3158% yang tergolong tidak tercemar. Sedangkan, lokasi pengambilan sampel II, Mancasan Lor memiliki nilai 64.6154%. yang tergolong tercemar. Berdasarkan hasil ini dapat disimpulkan bahwa bioindikator dapat digunakan sebagai tolak ukur kualitas lingkungan, walaupun harus di bandingkan dengan uji lain seperti uji kimia untuk menghasilkan data yang lebih akurat.

Untuk meningkatkan tingkat akurasi dalam penelitian ini, dapat dilakukan dengan menambahkan lebih banyak parameter yang dianalisis guna mencapai kesimpulan yang lebih tepat. Selain itu, perlu dilakukan pengujian fisik dan kimia untuk mendapatkan data yang lebih akurat mengenai kualitas udara. Dengan demikian, rekomendasi dan langkah-langkah penanganan yang diberikan dapat lebih tepat dan efektif.

Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam upaya menjaga kualitas udara dan lingkungan yang lebih baik. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pihak-pihak terkait dalam mengambil kebijakan dan tindakan yang tepat untuk menjaga kualitas udara dan lingkungan yang lebih baik di masa depan.

## DAFTAR PUSTAKA

KEP-02/MENKLH/1/1998 tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan

- Pemkab Sleman. (2014). *Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Sleman Tahun 2014*. Pemerintah Kabupaten Sleman.
- Peraturan Pemerintah No 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- Al-Mayah, A. H., Irons, S. L., Pink, R. C., Carter, D. R., & Kadhim, M. A. (2012). Possible role of exosomes containing RNA in mediating nontargeted effect of ionizing radiation. *Radiation Research*, 177(5), 539–545.
- Cao, Z., Huang, B., Wang, Q. *et al* (2007). Involvement of carbon monoxide produced by heme oxygenase in ABA-induced stomatal closure in *Vicia faba* and its proposed signal transduction pathway. *CHINESE SCI BULL*, 52: 2365–237.
- Hetherington A. M, Woodward, F. I. (2003). *The role of stomata in sensing and driving environmental change*. *Nature*, 2: 1737–1748.
- Jia C. H, Zhang, L,Wei, X.,Yu, J., Li, M. (2015). Phenotypic Polymorphism of *Litsea mollis* Hemsl in West Sichuan Province. *For Res* 28(6): 844–850.
- Kartasaputra, A. G. (1998). *Pengantar Anatomi Tumbuh-tumbuhan, tentang sel dan jaringan*. Bina aksara: Jakarta.
- Lestari, E.G. (2006). Hubungan antara Kerapatan Stomata dengan Ketahanan Kekeringan pada Somaklon Padi Gajahmungkur, Towuti, dan IR 64. *Biodiversitas*. 7(1): 44-48.
- Lelieveld, J., Klingmüller, K., Pozzer, A., Pöschl, U., Fnais, M., Daiber, A., and Münzel, T. (2019). Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions. *Eur. Heart J*. 92005.
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., dan Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Frontiers in Public Health*, 8 (14) : 1-13.
- Mansfield T. A, Pearson, M. (1996). Disturbances in stomatal behaviour in plants exposed to air pollution. In: Yunus M, Iqbal M, eds. *Plant response to air pollution*. Chichester: John Wiley, 179-93.
- Mothersill, C. (2016). *Genome Stability*. Academic Press.
- Muryani, E., dan Prasetya, J. D. (2022). *Panduan Praktikum Biologi Lingkungan*.

- Yogyakarta: Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Nikinmaa, M. (2014). *An Introduction to Aquatic Toxicology*. Academic Press.
- Perkasa, A. Y., Siswanto, T., Shintarika, F. dan Aji, T. G. (2017). Studi Identifikasi Stomata pada Kelompok Tanaman C3, C4 dan CAM. *Jurnal Pertanian Presisi*, 1(1): 59-71.
- Saputri, D. A. dan Wahyuni, E. S. (2017). Pola Pembukaan dan Penutupan Stomata Pada Tiga Spesies Anggota Genus *Sansevieria*. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, Lampung: 17 Juli 2021. Hal 163-170.
- Sugiarti. (2009). Gas Pencemar Udara dan Pengaruhnya bagi Kesehatan Manusia. *Jurnal Chemica*. 10(1): 50-58
- Song, X. G., She, X. P dan Zhang, B. (2007). Carbon Monoxide-induced Stomatal Closure in *Vicia faba* is dependent on nitric oxide synthesis. *Physiologia Plantarum*, 132(4): 514-525.
- Theodore, T. K dan Stephen, G. P. (1997). *Physiology of Woody Plants* (Second Edition). Academic Press