



Literature Review: Respon Morfologi Daun Tumbuhan Terhadap Faktor Lingkungan

Hafsya Yelmi Adisti^{1*}, Vauzia¹

¹ Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Barat, Padang Utara, Padang

*e-mail korespondensi: hafsyayelmi@gmail.com

ABSTRACT

Environmental factors are important in influencing plant growth and development. In adapting to environmental factors, plants will respond through physiology, morphology and anatomy. One of the fastest aspects in responding to changes in environmental factors is leaf morphology, because leaves are the most sensitive and responsive organ to environmental changes. This literature review was written with the aim of knowing the morphological response of leaves to environmental factors. The method used is literature review by reviewing 25 articles selected to obtain 5 national journals, 8 international journals, and 4 indexed journals so that there are 17 articles. Based on the identification of 17 scientific articles, it was found that plants change aspects of leaf morphology such as leaf size, leaf shape, leaf thickness, and leaf colour as a form of adaptation to environmental factors such as climatic factors such as sunlight intensity, humidity, rainfall, and temperature, drought, altitude, anthropogenic environmental factors, water factors and soil factors.

Keyword: plant responses, leaf morphology, environmental factor

ABSTRAK

Faktor lingkungan merupakan faktor penting dalam mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Dalam beradaptasi terhadap faktor lingkungan, tumbuhan akan merespon melalui fisiologi, morfologi serta anatomi. Salah satu aspek yang tercepat dalam merespon perubahan faktor lingkungan yaitu morfologi daun, karena daun merupakan organ yang paling sensitif dan responsif terhadap perubahan lingkungan. Literature review ini ditulis dengan tujuan untuk mengetahui respon morfologi daun terhadap faktor lingkungan. Metode yang digunakan adalah literatur review dengan mengkaji 25 artikel yang diseleksi hingga diperoleh 5 jurnal nasional, 8 jurnal internasional, dan 4 jurnal terindeks sehingga berjumlah 17 artikel. Berdasarkan hasil identifikasi 17 artikel ilmiah didapatkan hasil bahwa tumbuhan merubah aspek morfologi daun seperti ukuran daun, bentuk daun, ketebalan daun, dan warna daun sebagai bentuk adaptasi terhadap faktor lingkungan seperti faktor iklim seperti intensitas cahaya matahari, kelembapan, curah hujan, dan suhu, kekeringan, ketinggian, faktor lingkungan antropogenik, faktor air dan faktor tanah.

Kata Kunci: respon tumbuhan, morfologi daun, faktor lingkungan



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Faktor lingkungan merupakan faktor yang paling penting dalam mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, karena fungsi fisiologis tanaman sangat dipengaruhi oleh perubahan faktor-faktor

lingkungan (Herison & Turmidi, 2010). Faktor lingkungan dapat berupa faktor biotik dan abiotik. Faktor lingkungan abiotik merupakan faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman meliputi iklim, tanah, cahaya matahari, udara, suhu, air dan kelembaban (Jayadi, 2015). Perubahan faktor lingkungan adalah suatu transformasi yang terjadi pada berbagai aspek lingkungan, yang dapat dipengaruhi oleh faktor alami seperti perubahan iklim dan aktivitas geologis, maupun oleh aktivitas manusia (antropogenik) seperti polusi industri dan penebangan hutan (Mardin, 2024).

Tumbuhan adalah makhluk hidup autotrof memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap perubahan lingkungan. Setiap tumbuhan memiliki respon yang berbeda-beda dalam meningkatkan resistensinya terhadap perubahan faktor lingkungan yang terjadi. Dalam rangka beradaptasi terhadap perubahan faktor lingkungan, tumbuhan merespon melalui fisiologi, morfologi dan anatomi (De Micco, 2012). Salah satu aspek yang tercepat dalam merespon perubahan faktor lingkungan yaitu morfologi daun, karena daun merupakan organ yang paling sensitif dan responsif terhadap perubahan lingkungan serta proses fisiologis tumbuhan terpusat pada daun (Putri & Vauzia, 2021).

Daun berperan sebagai organ pembatas antara tanaman dengan lingkungannya, berfungsi untuk pertukaran gas dan termoregulasi (Fritz *et al.*, 2018). Hal ini sejalan dengan pandangan bahwa morfologi daun merupakan indikator utama respon tumbuhan terhadap faktor iklim (Li *et al.*, 2021). Morfologi daun, meliputi ukuran, bentuk, ketebalan dan pertulangan, mencerminkan kemampuan tumbuhan dalam menghadapi tekanan lingkungan. Wu, *et al.* (2010) mengungkapkan bahwa ukuran daun suatu spesies menurun seiring dengan meningkatnya suhu, penurunan curah hujan dan peningkatan ketinggian, dimana lebar daun berkaitan dengan suhu maksimum dan luas daun dengan suhu minimum. Iklim juga mempengaruhi berbagai karakteristik morfologi daun, seperti luas, ketebalan dan pertulangan daun (Tian *et al.*, 2016).

Kajian tentang respon morfologi daun terhadap faktor lingkungan berperan dalam beberapa bidang seperti bidang ekologi dan pertanian. Dalam bidang ekologi, morfologi daun dapat digunakan sebagai indikator kesehatan lingkungan dengan cara membuktikan bahwa tumbuhan merespon tekanan lingkungan dari lokasi yang tercemar dan tidak tercemar akibat campur tangan manusia (antropogenik) dengan mengubah morfologi daun (Leghari & Zaidi, 2013). Studi tentang morfologi daun membantu para petani dalam memilih varietas tanaman yang lebih tahan terhadap kondisi iklim tertentu seperti intensitas cahaya, angin atau kekeringan yang terkait dengan upaya peningkatan produktivitas tanaman (Mudhor *et al.*, 2022).

Dewasa ini, telah banyak peneliti yang melakukan penelitian mengenai respon morfologi daun tumbuhan terhadap berbagai macam faktor lingkungan. Pendalaman hubungan mengenai hubungan antara faktor lingkungan dan perubahan morfologi daun dapat memberikan wawasan baru dalam upaya konservasi tumbuhan dan pengelolaan ekosistem terutama di wilayah yang rentan terhadap perubahan lingkungan. Oleh karena itu, kajian literatur ini bertujuan untuk merangkum temuan-temuan terkini mengenai respon morfologi daun tumbuhan terhadap berbagai faktor lingkungan, baik alami maupun akibat kegiatan manusia.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian studi literatur. Metode yang digunakan yaitu literature review dengan mengkaji beberapa artikel yang relevan dan berfokus pada topik penelitian yang dilakukan. Artikel ilmiah yang dikaji sebanyak 25 artikel yang terdiri dari sumber literatur *Google Scholar* sebanyak 21 dan *ResearchGate* sebanyak 4 artikel dengan rentang tahun 2012 hingga 2024. Berdasarkan 25 artikel dilakukan seleksi, diperoleh 5 jurnal nasional, 8 jurnal internasional, 4 jurnal terindeks sehingga berjumlah 17 artikel yang akan dikaji dengan kriteria respon morfologi daun terhadap faktor lingkungan. Artikel diseleksi dengan memasukkan kata kunci “*leaf morphology*”, “faktor lingkungan”, dan “faktor iklim”. Validasi artikel ilmiah dilakukan dengan mengeliminasi artikel ilmiah dengan gagasan topik sejenis jika ditemukan pada setiap sumber. Berdasarkan pertimbangan artikel yang akan digunakan yaitu artikel ilmiah dapat diakses secara umum, hasil pengamatan artikel ilmiah dan kesesuaian artikel ilmiah yang relevan dengan artikel yang akan diteliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan hasil literatur review dari seleksi 25 artikel ilmiah diperoleh 17 artikel yang relevan dengan respon morfologi daun tumbuhan terhadap faktor lingkungan. Kriteria seleksi artikel yang relevan terdiri dari faktor lingkungan yang berpengaruh dan karakter morfologi daun yang terpengaruh. Hasil identifikasi 17 artikel terkait respon morfologi daun dapat dilihat pada **tabel 1**.

Tabel 1. Hasil identifikasi artikel terkait respon morfologi daun terhadap faktor lingkungan

No	Tahun	Nama Peneliti	Judul	Faktor Lingkungan	Respon Morfologi Daun
1	2012	Hovenden, Mark., Vander Schoor, Jacqueline., Osanai, Y	Relative humidity has dramatic impacts on leaf morphology but little effect on stomatal index or density in <i>Nothofagus cunninghamii</i> (Nothofagaceae). University of Tasmania	Kelembapan	Menurunkan ukuran daun, meningkatkan ketebalan daun
2	2013	Leghari, S. K., & Zaidi, M	Effect of air pollution on the leaf morphology of common plant species of Quetta city	Pencemaran udara	Menurunkan panjang, lebar, luas dan panjang tangkai daun
3	2016	Embiale, A., Hussein, M., Husen, A., Sahile, S., & Mohammed, K.	Differential sensitivity of <i>Pisum sativum</i> L. cultivars to water-deficit stress: changes in growth, water status, chlorophyll fluorescence and gas exchange attributes.	Kekeringan	Menurunkan luas daun
4	2018	Fritz, M.A., Rosa, S., and Sicard, A	Mechanisms Underlying the Environmentally Induced Plasticity of Leaf Morphology	Intensitas Cahaya Matahari	Meningkatkan ketebalan dan menurunkan ukuran daun
5	2019	Al-Obaidy, A. H. M., Jasim, I.	Air Pollution Effects in Some Plant Leaves Morphological	Pencemaran udara	Menurunkan panjang, lebar dan luas daun

No	Tahun	Nama Peneliti	Judul	Faktor Lingkungan	Respon Morfologi Daun
		M., & Al-Kubaisi, A. R. A	and Anatomical Characteristics within Baghdad City. Iraq.		
6	2020	Liu, W., Zheng, L., & Qi, D	Variation in leaf traits at different altitudes reflects the adaptive strategy of plants to environmental changes	Ketinggian	Menurunkan panjang, lebar dan luas daun, meningkatkan ketebalan daun
7	2021	Putri, V.R.W. & Vauzia	Karakteristik Morfologi Daun Tumbuhan Yang Dominan di Daerah Aliran Sungai Batang Arau Kota Padang Sumatera Barat	Air	Menurunkan panjang, lebar, panjang tangkai dan jumlah tulang cabang daun
8	2021	Li, Y., Zou, D., Shrestha, N., Xu, X., Wang, Q., Jia, W., and Wang, Z.	Spatiotemporal Variation in Leaf Size and Shape in Response to Climate	Curah hujan	Meningkatkan ukuran daun
9	2022	Chia, S. Y., & Lim, M. W	A critical review on the influence of humidity for plant growth forecasting	Kelembaban udara	Mempengaruhi perkembangan luas permukaan daun
10	2022	Wang H, Wang R, Harrison SP, Prentice IC.	Leaf morphological traits as adaptations to multiple climate gradients	faktor iklim	Perubahan sifat morfologi dan warna daun
11	2022	Sulistiyowati, D. D., Widiyono, W., Insaniy, G. F. A., & Desmawati, I.	Morfologi Daun Tanaman Sorgum (<i>Sorghum bicolor</i> L) sebagai Respon. terhadap Cekaman Kekeringan	Kekeringan	Menurunkan ukuran daun
12	2022	Mayandri, F., & Vauzia, V	Perbandingan Morfologi Daun Kerai Payung (<i>Filicium decipiens</i> L.) di Universitas Negeri Padang dan Universitas Andalas	Pencemaran udara	Menurunkan panjang tangkai, jumlah tulang cabang dan jumlah anak tulang cabang daun
13	2022	Rifai, A. K., & Puspitawati, R. P	Respon Morfologi, Anatomi dan Fisiologi Daun Kersen (<i>Muntingia calabura</i>) Akibat Paparan Timbal Pb yang Berbeda di Surabaya.	Pencemaran udara	Penyusutan luas daun dan perubahan warna daun
14	2023	Vauzia, V., Mayandri, F., Azizah, N., & Alti, R. P	Morphological and Stomata Characteristics of Trembesi (<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.) Leaves as Green Plants in Padang City, Indonesia	pH tanah	Menurunkan panjang dan lebar daun
15	2023	Kong, Y., Masabni, J., Niu, G	Temperature and Light Spectrum Differently Affect Growth, Morphology, and Leaf Mineral Content of Two Indoor-Grown Leafy Vegetables.	Suhu udara	Meningkatkan panjang daun dan menurunkan luas daun

No	Tahun	Nama Peneliti	Judul	Faktor Lingkungan	Respon Morfologi Daun
16	2024	Refli., Dima, A. O. M., Mauboy R. S. Amalo, D., Momo, A. N & Yunista, P	Morfologi dan Fisiologi Tanaman Wijen (<i>Sesamum indicum</i> L.) Lokal Maumere Yang Diinduksi Cekaman Kekeringan	Kekeringan	Menurunkan panjang dan luas daun
17	2024	Wang, S., Zhou, H., He, Z., Ma, D., Sun, W., Xu, X., & Tian, Q	Effects of Drought Stress on Leaf Functional Traits and Biomass Characteristics of <i>Atriplex canescens</i>	Kekeringan	Menurunkan panjang, lebar, luas daun

Pembahasan

Daun merupakan salah satu bagian tumbuhan yang tumbuh pada batang atau dahan, daun umumnya berwarna hijau karena mengandung klorofil. Daun adalah bagian tumbuhan yang paling sensitif dan responsif terhadap perubahan lingkungan dibandingkan dengan akar dan batang. Lingkungan sebagai tempat tumbuh menjadi faktor yang sangat menentukan pertumbuhan dan perkembangan tanaman, untuk itu sebagai bentuk adaptasi terhadap perubahan faktor lingkungan, tanaman merespon dengan merubah morfologi daun. Terdapat beberapa respon morfologi daun terhadap faktor lingkungan seperti faktor iklim (intensitas cahaya matahari, curah hujan, suhu, kelembapan, ketinggian, dan kekeringan), faktor lingkungan antropogenik atau campur tangan manusia, faktor air serta faktor tanah.

Faktor Iklim

Daun merespon terhadap faktor iklim dengan mengubah morfologinya, dikarenakan morfologi daun merupakan aspek utama tumbuhan terhadap faktor iklim (Li *et al.*, 2021). Berdasarkan hasil penelitian Wang *et al* (2022), morfologi daun menunjukkan ciri morfologi yang berbeda sebagai adaptasi terhadap gradien iklim pada iklim basah dan iklim kering. Beberapa gradien yang berpengaruh seperti kelembaban, curah hujan musiman, musim tanam dan suhu, menyebabkan sifat morfologi daun mengalami perubahan. Warna daun berubah dari hijau muda ke hijau tua dan ukuran daun meningkat. Pada iklim basah, daun menjadi berdaging dan berbulu sedangkan pada iklim kering, daun menjadi lebih tipis dan tidak berbulu. Suhu yang tinggi juga meningkatkan panjang dan lebar daun.

Morfologi daun menunjukkan respon terhadap beberapa faktor iklim. Faktor-faktor seperti cahaya, suhu, kelembaban dan ketersediaan air dapat secara signifikan mempengaruhi morfologi daun. Berdasarkan penelitian Fritz *et al.*, (2018), kondisi cahaya yang tinggi menghasilkan daun yang lebih kecil dan lebih tebal untuk mengurangi kehilangan air dan meningkatkan efisiensi fotosintesis. Suhu tinggi meningkatkan panjang dan lebar daun tanaman selada (*Lactuca sativa* L.), meningkatkan panjang daun dan menurunkan luas daun tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) (Kong *et al.*, 2023). Kelembapan udara yang terlalu tinggi yaitu diatas tingkat normal akan mempengaruhi perkembangan luas permukaan daun selada (*Lactuca sativa* L.) (Chia & Lim, 2022). Ukuran, bentuk dan ketebalan daun dipengaruhi oleh kelembaban relatif, penelitian

Hovenden, *et al.* (2012) memperlihatkan bahwa ukuran daun *Nothofagus cunninghamii* yang terpapar kelembaban tinggi menjadi lebih besar, bentuk daun lebih sempit, dan ketebalan daun meningkat sebagai respon terhadap resiko kehilangan air yang kecil. Aspek lain yaitu ketinggian, dimana peningkatan ketinggian menurunkan panjang daun, lebar daun dan luas daun serta meningkatkan ketebalan daun *Epilobium amurense* Hausskn, *Pedicularis densispina* Franch, dan *Potentilla fulgens* Wall. ex Hook., yang tumbuh di sepanjang gradien elevasi (3.000–4.600 m) di Pegunungan Yulong (Liu *et al.*, 2020). Selain itu, curah hujan yang tinggi mengakibatkan ukuran tanaman menjadi lebih lebar karena resiko kehilangan air yang berlebihan lebih kecil (Li *et al.*, 2021).

Aspek perubahan iklim dapat diimplementasikan pada studi cekaman kekeringan. Cekaman kekeringan adalah kendala lingkungan yang menyebabkan penyerapan air dari tanah sukar diserap oleh tumbuhan. Dibawah tekanan kekurangan air, tanaman kacang polong (*Pisum sativum* L.) mengurangi luas daun untuk meminimalkan kehilangan air melalui transpirasi. Selain itu, ketebalan daun menjadi lebih tebal karena meningkatnya kekakuan dinding sel atau perubahan sel mesofil (Embiale *et al.*, 2016). Penelitian yang dilakukan oleh Refli, *et al.* (2024), kondisi kekeringan yang tinggi menurunkan pertumbuhan panjang dan luas daun tanaman wijen (*Sesamum indicum* L.). Sementara itu, luas daun, lebar daun, dan lebar daun maksimal tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) menurun seiring dengan penurunan intensitas penyiraman, artinya semakin sedikit air maka menurunkan aspek morfologi daun tanaman tersebut (Sulistiyowati *et al.*, 2022). Cekaman kekeringan menurunkan panjang daun, lebar daun, luas daun, indeks bentuk daun, berat basah, berat basah jenuh, berat kering dan luas daun spesifik dan meningkatkan kepadatan daun *Atriplex canescens* di Linze Inland River (Wang *et al.*, 2024).

Faktor Lingkungan Antropogenik (Campur Tangan Manusia)

Tumbuhan memiliki respon pada morfologi daun terhadap faktor lingkungan antropogenik (campur tangan manusia) seperti pencemaran udara dan alih fungsi lahan. Efek pencemaran udara dan polutan oleh aktivitas kendaraan bermotor dan industri terhadap morfologi daun lebih banyak dibandingkan dengan fisiologi daun. Daun adalah bagian utama tanaman yang biasanya menunjukkan gejala stress terhadap pencemaran udara, untuk itu evaluasi karakteristik morfologi daun seperti panjang, lebar dan luas adalah langkah terpenting dalam melihat adaptasi daun terhadap faktor lingkungan. Respon morfologi daun terhadap pencemaran udara dan polutan dapat dijadikan sebagai indikator kesehatan lingkungan. Diketahui bahwa panjang daun, lebar daun, dan luas daun menurun akibat pencemaran udara pada beberapa tanaman penghijauan di Baghdad, Iraq. Penurunan ukuran daun tersebut menunjukkan bahwa suatu lingkungan sudah tercemar akibat pencemaran udara dan polutan (Al-Obaidy *et al.*, 2019).

Hasil penelitian Mayandri & Vauzia (2022) menunjukkan bahwa panjang tangkai daun, jumlah anak tulang cabang daun, dan jumlah tulang cabang daun tanaman kerai payung (*Filicium decipiens* L.) mengalami penurunan akibat pencemaran udara yang disebabkan oleh polutan kendaraan. Hal ini ditegaskan oleh Vauzia, *et al.* (2023) yang juga menyatakan bahwa panjang tangkai daun, jumlah anak daun dalam satu tangkai dan jumlah tulang cabang daun tanaman trembesi (*Samanea saman* (Jacq.) Merr)

mengalami penurunan akibat aktivitas transportasi kendaraan. Pencemaran udara disebabkan oleh polutan udara gas buang, salah satunya timbal Pb. Ditinjau dari aspek luas daun dan nekrosis daun, akumulasi dari timbal Pb menghambat pembelahan dan pemanjangan sel-sel apikal yang menyebabkan terjadinya penyusutan luas daun kersen (*Muntingia calabura*). Selain itu, nekrosis daun kersen juga menunjukkan respon dengan merubah warna daun menjadi coklat atau merah kecoklatan (Rifai & Puspitawati, 2022).

Hasil penelitian Leghari & Zaidi (2013) mengungkapkan bahwa daun merupakan bagian tanaman yang paling sensitif terhadap pengaruh polutan. Beberapa parameter morfologi daun seperti panjang daun, lebar daun, luas daun, panjang serta tangkai daun mengalami pertumbuhan ciri morfologi yang lambat atau penurunan antara lokasi yang tercemar dengan lokasi tidak tercemar di kota Quetta. Polutan menyebabkan terjadi pengurangan panjang, lebar dan luas daun pada tanaman pinggir jalan, pengurangan ini merupakan saksi dampak buruk lingkungan kota. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa semua spesies tumbuhan yang diteliti mengalami perubahan morfologi daun pada warna dan bentuk daun.

Faktor lingkungan antropogenik lain yaitu alih fungsi lahan yang dilakukan manusia. Hasil penelitian menunjukkan terjadinya penurunan ukuran karakteristik morfologi daun pada aspek panjang daun, lebar daun, panjang tangkai daun dan jumlah tulang cabang daun pada daerah aliran sungai (DAS) yang mengalami perubahan lingkungan. Perubahan lingkungan pada daerah aliran sungai disebabkan oleh alih fungsi lahan menjadi area pabrik dan ladang. Alih fungsi lahan merupakan salah satu bentuk aktivitas manusia yang menyebabkan terjadinya perubahan lingkungan (Putri & Vauzia, 2021).

Faktor Tanah dan Air

Faktor lingkungan lain yang berpengaruh terhadap morfologi daun yaitu faktor tanah dan air. Perubahan morfologi daun karena faktor tanah karena tanah secara langsung mempengaruhi ketersediaan air yang diperlukan tanaman untuk proses fisiologis dan pertumbuhan tanaman. Morfologi daun biasanya menyesuaikan dengan faktor tanah, tanah basah dengan kadar air yang tinggi menghasilkan daun yang lebar dan tipis, tanah kering dengan kadar air yang rendah menghasilkan daun yang lebih kecil, tebal dan dilapisi kutikula tebal yang berguna untuk mengurangi penguapan. PH tanah yang ekstrim (terlalu basa atau asam) menghasilkan daun kecil dan struktur daun yang lebih sederhana. Berdasarkan hasil penelitian Vauzia, et al. (2023), panjang daun dan lebar daun tanaman trembesi (*Samanea saman* (Jacq.) Merr) mengalami penurunan akibat pH tanah yang lebih tinggi dimana perbedaan pH tanah ikut memberikan perbedaan ukuran pada aspek panjang dan lebar daun. Selain tanah, air sebagai salah satu faktor lingkungan juga memberikan dampak terhadap respon morfologi daun. Air seringkali membatasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Ketersediaan air yang terbatas terhadap tanaman menyebabkan perkembangan ukuran daun yang lebih kecil (Gardner *et al.*, 1991).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil literatur review artikel yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa tumbuhan menunjukkan respon melalui morfologi daun terhadap faktor lingkungan. Morfologi daun menunjukkan

respon terhadap faktor lingkungan seperti faktor iklim, faktor tanah, air dan faktor lingkungan antropogenik (aktivitas manusia) dengan merubah beberapa aspek morfologi daun seperti ukuran daun, bentuk daun, ketebalan daun, pertulangan daun, warna daun dan lain-lain sebagai bentuk adaptasi terhadap faktor lingkungan.

DAFTAR RUJUKAN

- Al-Obaidy, A. H. M., Jasim, I. M., & Al-Kubaisi, A. R. A. (2019). Air Pollution Effects in Some Plant Leaves Morphological and Anatomical Characteristics within Baghdad City. Iraq. *Engineering and Technology Journal*, 37(1C): 84-89.
- Chia, S. Y., & Lim, M. W. (2022). A critical review on the influence of humidity for plant growth forecasting. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 1257: 1-6.
- De Micco, V., & Aronne, G. (2012). Morpho-Anatomical Traits for Plant Adaptation to Drought. In *Plant Responses to Drought Stress* (pp. 37–61).
- Embiale, A., Hussein, M., Husen, A., Sahile, S., & Mohammed, K. (2016). Differential sensitivity of *Pisum sativum* L. cultivars to water-deficit stress: changes in growth, water status, chlorophyll fluorescence and gas exchange attributes. *Journal of Agronomy*, 15(2), 45.
- Fritz, M.A., Rosa, S., and Sicard, A. (2018). Mechanisms Underlying the Environmentally Induced Plasticity of Leaf Morphology. *Frontiers in Genetics*, 9:1–25.
- Gardner, F.P., Perace, R.B., dan Mitchell, R. L. (1991). *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Penerjemah: Susilo, H. Jakarta: UI Press.
- Herison, C., & Turmudi, E. (2010). Studi kekerabatan genetik aksesori uwi (*Dioscorea* sp.) yang dikoleksi dari beberapa daerah di Pulau Jawa dan Sumatera. *Akta Agrosia*, 13(1): 55–61.
- Hovenden, Mark., Vander Schoor, Jacqueline., Osanai, Y. (2012). Relative humidity has dramatic impacts on leaf morphology but little effect on stomatal index or density in *Nothofagus cunninghamii* (Nothofagaceae). University of Tasmania. *Journal contribution*.
- Jayadi EM. (2015). *Ekologi Tumbuhan*. Cetakan Pertama. Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Mataram. Mataram.
- Kong, Y., Masabni, J., Niu, G. (2023). Temperature and Light Spectrum Differently Affect Growth, Morphology, and Leaf Mineral Content of Two Indoor-Grown Leafy Vegetables. *Horticulture*, 9(3): 331.
- Leghari, S. K., & Zaidi, M. (2013). Effect of air pollution on the leaf morphology of common plant species of Quetta city. *Pak. J. Bot*, 45(S1): 447-454.
- Li, Y., Zou, D., Shrestha, N., Xu, X., Wang, Q., Jia, W., and Wang, Z. (2021). Spatiotemporal Variation in Leaf Size and Shape in Response to Climate. *Journal of Plant Ecology*, 13(1):87–96.
- Liu, W., Zheng, L., & Qi, D. (2020). Variation in leaf traits at different altitudes reflects the adaptive strategy of plants to environmental changes. *Ecology and evolution*. 10(15): 8166–8175.
- Mardin et al. (2024). *Perubahan Lingkungan dan Upaya Mengatasinya*. Gorontalo: Tahta Media Group.
- Mayandri, F., & Vauzia, V. (2022). Perbandingan Morfologi Daun Kerai Payung (*Filicium decipiens* L.) di Universitas Negeri Padang dan Universitas Andalas. *Natural Science*. 8(1): 33-38.

- Mudhor, M. A., Dewanti, P., Handoyo, T., & Ratnasari, T. (2022). Pengaruh cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman padi hitam varietas jeliteng. *Agrikultura*, 33(3): 247-256.
- Putri, V.R.W. & Vauzia. (2021). Karakteristik Morfologi Daun Tumbuhan Yang Dominan di Daerah Aliran Sungai Batang Arau Kota Padang Sumatera Barat. *Serambi Biologi*, 6(1): 40-46.
- Refli., Dima, A. O. M., Mauboy R. S. Amalo, D., Momo, A. N & Yunista, P. 2024. Morfologi dan Fisiologi Tanaman Wijen (*Sesamum indicum* L.) Lokal Maumere Yang Diinduksi Cekaman Kekeringan. *Jurnal Biotropika Sains*. 21(2): 46-55.
- Rifai, A. K., & Puspitawati, R. P. (2022). Respon Morfologi, Anatomi dan Fisiologi Daun Kersen (*Muntingia calabura*) Akibat Paparan Timbal Pb yang Berbeda di Surabaya. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 11(1): 8-14.
- Solichatun, E. A., & Mudyantini, W. (2005). Pengaruh ketersediaan air terhadap pertumbuhan dan kandungan bahan aktif saponin tanaman ginseng jawa (*Talinum paniculatum* Gaertn.). *Biofarmasi*, 3(2), 47-51.
- Sulistyowati, D. D., Widiyono, W., Insaniy, G. F. A., & Desmawati, I. (2022). Morfologi Daun Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L) sebagai Respon. terhadap Cekaman Kekeringan. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian*, 3(1): 643-654.
- Tian, M., Yu, G., He, N., and Hou, J. (2016). Leaf Morphological and Anatomical Traits from Tropical to Temperate Coniferous Forests: Mechanisms and Influencing Factors. *Scientific Reports*, 6:1–10.
- Vauzia, V., Mayandri, F., Azizah, N., & Alti, R. P. (2023). Morphological and Stomata Characteristics of Trembesi (*Samanea saman* (Jacq.) Merr.) Leaves as Green Plants in Padang City, Indonesia. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(6): 4402–4409.
- Wang H, Wang R, Harrison SP, Prentice IC. (2022). Leaf morphological traits as adaptations to multiple climate gradients. *Journal of Ecology*, 110(6):1344-1355.
- Wang, S., Zhou, H., He, Z., Ma, D., Sun, W., Xu, X., & Tian, Q. (2024). Effects of Drought Stress on Leaf Functional Traits and Biomass Characteristics of *Atriplex canescens*. *Plants*, 13(14), 2006.
- Wu, L., Kang, H., Zhuang, H. and Liu, C. (2010). Variations of *Quercus variabilis* leaf traits in relation to climatic factors at regional scale. *Chin. J. Ecol*, 29: 2309–2316.