



Keanekaragaman Anatomi Epidermis Daun Dan Indeks Stomata Jepun Cenana *Plumeria alba var cendana* Berdasarkan Perbedaan Ketinggian Di Bali Utara

Ida Ayu Purnama Bestari ^{1*)} & I Made Oka Riawan ²⁾

¹⁾ Prodi Pendidikan Biologi, Universitas Pendidikan Ganesha

²⁾ Prodi Biologi, Universitas Pendidikan Ganesha

SUBMISSION TRACK

Submitted : 2024-01-09
Revised : 2024-02-29
Accepted : 2024-03-27
Published : 2024-04-20

KEYWORDS

Plumeria alba var cendana,
epidermis, stomata index,
stomata density

*CORRESPONDENCE

email:
purnama.bestari@undiksha.ac.id

ABSTRACT

Plumeria sp or *Frangipani* or *Cambodia* is a plant that lives in the tropics. In Bali, this plant is easy to find, both in the low altitude and high altitude. One of the species, *Plumeria alba var cendana* known to the Balinese as "Jepun Cenana" is the most common. Anatomical studies of this frangipani variety were conducted to determine the adaptation of this plant, especially its leaves, to the environment in the high altitude and low altitude. The anatomical structures of the leaves observed were stomata, namely stomata index and stomata pores. The leaves used are the adaxial and abaxial sides. The Stomata index as an indicator of stomatal density is calculated by comparing the number of species with the total number of cells in the epidermal tissue. The Stomata index is closely related to the process of air exchange and plant transpiration. From the average calculation, the leaf stomata index value on the abaxial part of the leaves of *Plumeria alba var cendana* from high altitude was 14.9, while for the leaves of plants originating from low altitude it was 44.8. The number of stomata in the abaxial leaf from the high altitude was 15% of the total cells, and the number of stomata in the abaxial leaf from the low altitude was 45%.

PENDAHULUAN

Plumeria sp. atau yang lebih dikenal dengan Kamboja atau Jepun merupakan salah satu flora yang keberadaannya melimpah di Pulau Bali. Tanaman ini digunakan sebagai tanaman hias, peneduh, dan bunganya menjadi sarana dalam budaya dan ritual masyarakat Bali. Keanekaragaman tanaman Kamboja terutama bunga menjadi daya tarik dari tanaman ini sehingga mudah ditemukan di pekarangan. Warna bunga beranekaragam seperti putih, merah, pink, kuning, dan *maroon*, dengan variasi berbagai warna. Tanaman ini juga mudah ditemukan di daerah tropis seperti di dataran tinggi, dataran rendah, daerah panas dan daerah dingin, sehingga keberadaannya tersebar merata di Indonesia (Sukarsa dan Wiwik, 2020).

Keanekaragam *Plumeria sp* tidak hanya dari warna bunganya, namun jika diamati juga dari bentuk daunnya. Dari hasil pengamatan morfologi, bentuk daun *Plumeria* memiliki apeks berbentuk *acuminatus*, *obtusus*, dan *acutus*. Salah satu jenis *Plumeria* yang banyak ditemukan di Pulau Bali adalah *Plumeria alba var cendana*,

atau yang lebih dikenal dengan "Jepun Cenana". Pengamatan anatomis dilakukan untuk mengamati keanekaragaman anatomis daun *Plumeria* tersebut berdasarkan habitatnya. Karakteristik anatomi organ tumbuhan menunjukkan adaptasi dari tumbuhan tersebut. Salah satunya anatomi daun, anatomi daun mencerminkan strategi adaptasi yang dilakukan oleh tanaman terhadap kondisi lingkungan maupun iklim mikronya (Liu *et al.*, 2019). Salah satu struktur anatomi daun yang dipengaruhi dan merespon langsung terhadap perubahan lingkungan yaitu jaringan epidermis. Jaringan epidermis merupakan lapisan terluar dari tumbuhan yang terletak pada akar, batang, daun, serta organ tumbuhan lainnya. Khususnya, pada jaringan epidermis daun terdapat modifikasi yaitu stomata, trikomata, dan sel kipas (*buliform*) (Sabandar *et al.*, 2021).

Stomata adalah struktur yang erat kaitannya dalam pertukaran gas dari lingkungan ke dalam tumbuhan, atau sebaliknya, sehingga erat kaitannya dengan fotosintesis, respirasi, dan transpirasi (Campbell *et al.*, 2010). Stomata memiliki sepasang sel penjaga (*guard cell*) yang

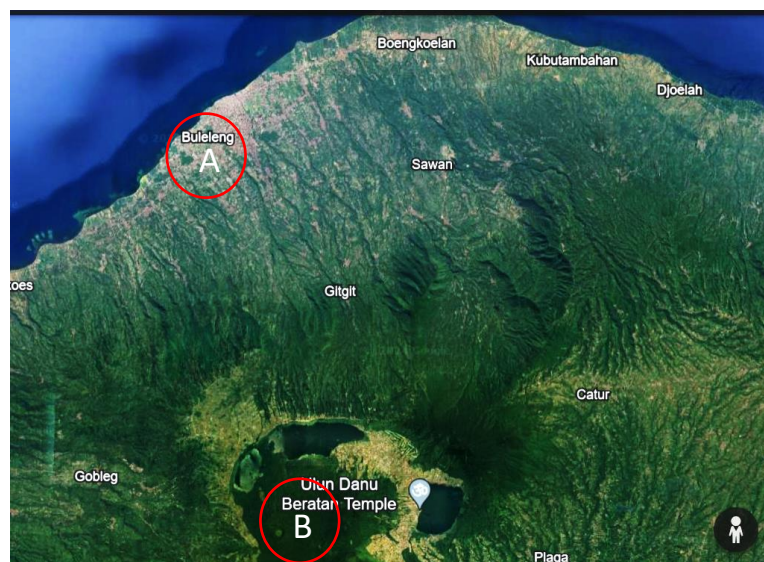
menjadi pintu untuk membuka dan menutupnya porus stomata. Jika sel penjaga dalam keadaan turgor maka porus stomata akan terbuka, sedangkan apabila sel penjaga dalam kondisi tidak turgid maka porus stomata akan menutup. Jadi dengan mengatur turgiditas dari sel penjaga tumbuhan dapat membuka dan menutup stomata (Kollist *et al.*, 2014). Sel stomata juga berperan dalam menjaga suhu tubuh di dalam tumbuhan stabil (Kostaki *et al.*, 2020)

Variasi jumlah stomata berdasarkan dari habitat dari tanaman tersebut. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Mudakir *et al* (2021) tanaman *Plumeria* yang tumbuh di daerah yang memiliki tingkat polusi yang tinggi memiliki kerapatan yang lebih rendah dibandingkan stomata pada daerah dengan tidak memiliki polusi. Demikian juga dengan lebar porusnya, daerah yang tidak berpolusi memiliki porus yang lebih lebar dibandingkan dengan yang berpolusi. Penelitian oleh Tian *et al* (2016) pada tumbuhan konifer menunjukkan perubahan struktur dan kerapatan stomata pada tumbuhan konifer mengikuti perubahan suhu dan latitude. Untuk setiap kenaikan 100 meter pada suhu normal akan mengalami penurunan sebesar $0,60^{\circ}\text{C}$ (Istiawan dan Dody, 2019). Penelitian lain oleh Mutaqin *et al* (2016) menunjukkan stomata pada pohon *Mangifera indica* yang berada pada kondisi lingkungan lebih terik memiliki jumlah stomata yang lebih banyak dibandingkan dengan kondisi tidak terik.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keanekaragaman anatomi spesies *Plumeria alba var cendana* (*Jepun cenana*) berdasarkan habitat hidup khususnya anatomi daun, yaitu pada jaringan epidermis dan stomata. Variasi anatomi berdasarkan anatomi jaringan epidermisnya dengan menentukan kerapatan stomata pada bagian adaksial dan abaksial daun yaitu dilihat dari nilai indeks stomata, kemudian dilihat keadaan porus (celah) stomata pada daun pada dua daerah tersebut. Keanekaragaman pada spesies *Plumeria*, bukan hanya terjadi secara morfologi dari warna dan bentuk bunga, namun juga berdasarkan habitat tumbuh yang menyebabkan perubahan secara anatomis, sebagai respon adaptasi terhadap lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan mengamati indeks epidermis dan indeks stomata pada bagian atas (adaksial) dan bawah (abaksial) daun, selain itu data tambahan mengamati keadaan porus stomata. Pengambilan sampel dilakukan di daerah Bedugul, Tabanan, Bali dengan karakteristik daerah dataran tinggi (ketinggian 1000 – 1500 mdpl) dan suhu sejuk ($20 - 25^{\circ}\text{C}$) (Sutomo *et al.*, 2019). Kota Singaraja, Bali dengan karakteristik daerah dataran rendah (ketinggian < 500 mdpl) dan suhu udara relatif panas ($30^{\circ}\text{C} - 34^{\circ}\text{C}$) (DLH Kab Buleleng, 2023). Untuk peta lokasi dapat dilihat pada gambar 1 a dan b berikut.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel A. Kota Singaraja, Buleleng, B. Desa Bedugul, Tabanan

Pengambilan sampel dengan menggunakan teknik *purposive sampling* yaitu mengambil secara acak daun *Plumeria* dengan morfologi *Plumeria alba var cendana*. Jepun cenana memiliki morfologi bunga seperti gambar 2 berikut. Pada masing – masing tempat dilakukan pengambilan 10 tanaman daun varietas Jepun cenana di kedua lokasi tersebut. Pengamatan anatomis kemudian dilakukan di Laboratorium Botani, Prodi Pendidikan Biologi, Universitas Pendidikan Ganesha.



Gambar 2. Morfologi bunga jepun cenana (*Plumeria alba var cendana*)

Pengamatan anatomis dilakukan secara paradermal dengan metode *free hand section* menggunakan silet, pada bagian epidermis abaksial dan adaksial daun. Pengirisan dilakukan sebanyak 5 kali untuk masing-masing irisan dan dicari nilai rata-rata untuk jumlah stomata dan jumlah keseluruhan sel. Daun yang diiris adalah daun yang masih segar dan bersih. Hasil irisan kemudian ditetesi dengan air, dan kemudian diamati di bawah mikroskop merek *Meiji MT-14 Binocular LED Microscope* dengan pembesaran 100x dan 400x. Setelah stomata terlihat dengan jelas pada pembesaran 400x, kemudian dilakukan penghitungan indeks stomata. Nilai indeks stomata merupakan parameter kerapatan stomata dengan menggunakan rumus (Zhu *et al.*, 2021):

Indeks stomata (%) =

$$\frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{Jumlah stomata+sel epidermis}} \times 100$$

Kerapatan stomata dengan menggunakan rumus (Paul *et al.*, 2017)

Kerapatan Stomata =

$$\frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{luas unit daun (mm}^2\text{)}}$$

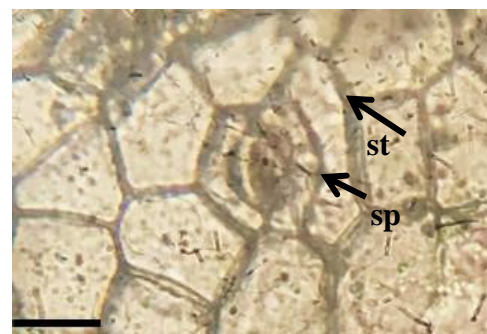
Pengukuran dan penentuan skala gambar dengan menggunakan *software ImajeJ*. Untuk mengetahui keadaan porus stomata dilakukan dengan pengamatan pada pembesaran 400x, dengan menentukan membuka/menutupnya celah stomata yang terbentuk di antara sel penjaga (*guard cell*). Dilakukan perbandingan untuk nilai indeks stomata *Plumeria alba var cendana* yang tumbuh di dataran tinggi dengan dataran rendah, serta perbandingan keadaan celah stomata pada bagian adaksial dan abaksial.

Data analisis menggunakan SPSS 26 dengan uji 2 kelompok Uji *Mann Whitney*. Secara umum jenis stomata dibagi menjadi empat yaitu anomositik, anisositik, parasitik, dan diasitik. Kerapatan stomata ditentukan dan diklasifikasikan berdasarkan 3 kategori yaitu rendah <300mm², sedang 300 – 500 mm², dan tinggi > 500 mm² (Susilowati *et al.*, 2022)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Anatomis Jaringan Epidermis dan Tipe Stomata

Data anatomis jaringan epidermis dengan mengamati secara umum jaringan epidermis dan bentuk stomata. Dari segi anatomis bentuk sel stomata *P. alba var cendana* memiliki bentuk anomositik (Gambar 3), yaitu sel penjaga (*guard cell*) yang dikelilingi oleh beberapa sel tetangga yang ukurannya hampir sama (Meriko dan Abizar, 2017).



Gambar 3. Stomata tipe anomositik pada *Plumeria alba var cendana* (skala bar: 20µm), Ket. sp: sel penjaga, st: sel tetangga

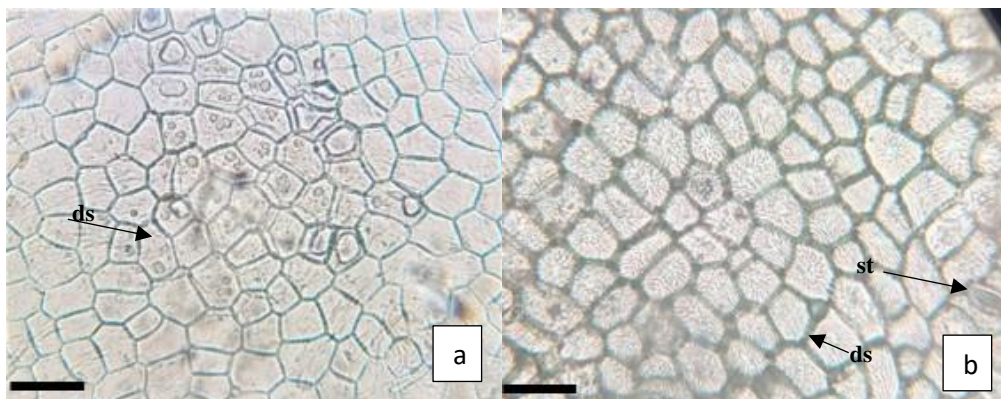
Stomata daun *P. alba var cendana* yang tumbuh pada dataran rendah, merupakan tipe daun amphistomatis yang memiliki stomata di kedua sisi baik adaksial maupun abaksial. Tipe daun ini memiliki keuntungan konduktifitas terhadap CO₂ yang lebih tinggi untuk fotosintesis, namun kurang efisien terhadap pertukaran gas (Richardson *et al.*, 2017).

2. Indeks Stomata dan Indeks Epidermis

Karakteristik epidermis yang diukur adalah indeks Epidermis dan indeks stomata diamati dengan menggunakan pembesaran 400x. Menentukan kerapatan epidermis dan stomata dengan menghitung nilai indeks stomata dan indeks epidermis. Indeks stomata dihitung pada epidermis atas (adaksial) dan epidermis bawah (abaksial). Untuk menghitung indeks stomata,

yaitu melakukan penghitungan jumlah stomata dan jumlah seluruh sel baik sel epidermis dan sel stomata pada sel epidermis bawah.

Pada irisan paradermal epidermis atas, dengan menunjukkan pada epidermis atas *P. alba var cendana* yang tumbuh di dataran tinggi memiliki dinding sel epidermis yang lebih tipis tanpa ditemukannya stomata, sedangkan untuk epidermis atas *P. alba var cendana* yang tumbuh di dataran rendah memiliki dinding sel epidermis yang lebih tebal dibandingkan dengan dataran tinggi, dengan ditemukan masih ada stomata (Gambar 4 a dan b). Variasi ketebalan daun pada tanaman dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima. Ketebalan daun merupakan salah satu faktor internal yang memengaruhi laju transpirasi (Costa dan Daningsih, 2021).



Gambar 4. Epidermis atas dari *Plumeria alba var cendana*. a) epidermis atas *Plumeria alba var cendana* dataran tinggi b) epidermis atas *Plumeria alba var cendana* dataran rendah (Pembesaran 100x, skala bar: 40µm). Ket. ds: dinding sel, st: Stomata

Tabel 1. Karakteristik Pengamatan *P. alba var cendana* yang tumbuh pada ketinggian tempat berbeda di Bali Utara

No	Parameter pengamatan (rata – rata)	<i>Plumeria alba var cendana</i> Dataran Tinggi (1500 mdpl)		<i>Plumeria alba var cendana</i> Dataran Rendah (500 mdpl)	
		Adaksial	Abaksial	Adaksial	Abaksial
1	Jumlah stomata (sel)	0±00	20±3.8	1±0.5	49±7
2	Jumlah epidermis (sel)	139±4.3	114±5.9	110±9.1	57±5.1
3	Indeks epidermis (%)	100±00	86.1±2.4	99.1±0.6	56.2±4.2
4	Indeks stomata (%)	0±00	14.9±2.4	0.9±0.6	44.8±4.2
5	Kerapatan stomata (/mm ²)	0±00	527±76	21±10	1047±120
6	Kerapatan stomata	Tidak ada	Sedang	Rendah	Tinggi

Tabel 2. Hasil Uji *Mann Whitney* Perbedaan Indeks Stomata Berdasarkan ketinggian tempat

Test Statistics ^a	
	Jumlah
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	465.000
Z	-6.661
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

a. Grouping Variable:
Ketinggian

Hasil penghitungan indeks stomata diperoleh hasil seperti pada Tabel 1 berikut. Karakteristik yang diamati adalah jumlah stomata, jumlah epidermis, indeks epidermis, indeks stomata, kerapatan stomata, dan mengkategorikan kerapatan stomata termasuk rendah, sedang atau tinggi. Hasil perhitungan kemudian dianalisis dengan *uji mann whitney* seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.

Berdasarkan hasil pengukuran indeks stomata tanaman *P. alba var cendana* (Tabel 1) diperoleh hasil bahwa indeks stomata tanaman yang berada pada dataran rendah memiliki indeks stomata tertinggi, yaitu bernilai 44.8 dengan jumlah stomata adalah 45% dari jumlah total keseluruhan sel, sehingga hampir setengah dari jumlah jaringan epidermis disusun oleh stomata, yaitu pada bagian abaksial. Nilai indeks stomata tanaman yang tumbuh pada dataran rendah pada bagian abaksial memiliki indeks stomata yang lebih rendah yaitu 0.149, dengan sebanyak 15% dari total jumlah sel adalah sel stomata. Perbandingan jumlah stomata pada daun jepun di daerah dataran rendah dan dataran tinggi dapat dilihat pada gambar 5 a dan b. Hasil uji *Mann whitney* pada Tabel 2 menunjukkan taraf signifikansi < 0.05 , sehingga terdapat perbedaan jumlah stomata *P alba var cendana* yang tumbuh di dataran rendah dibandingkan dengan yang tumbuh di dataran tinggi.

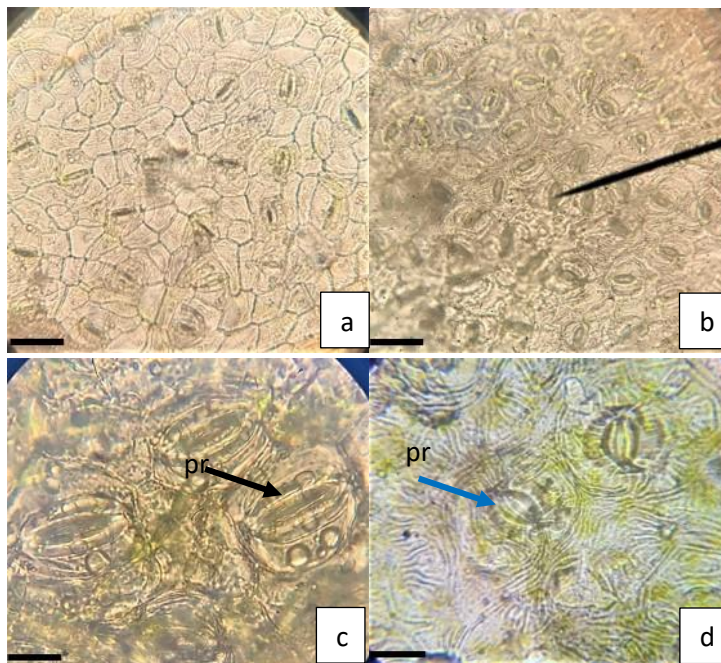
Nilai indeks stomata berhubungan dengan suhu, altitude/ketinggian, dan latitude/garis lintang. Penelitian sebelumnya oleh Hill *et al* (2014) pada *Dodonaea viscosa* di Australia

Selatan, *D. viscosa* memiliki indeks stomata yang lebih tinggi pada daerah yang memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan suhu yang lebih rendah. Hal ini terkait dengan optimalisasi evaporasi tumbuhan. Nilai indeks stomata yang tinggi memiliki keterkaitan dengan induksi membukanya stomata dan asimilasi CO₂ yang lebih maksimal (Sakoda *et al.*, 2020).

Ketinggian suatu tempat berhubungan dengan temperatur, kadar CO₂, tekanan udara, radiasi sinar UV, dan curah hujan. Pada tanaman *Epilobium amurense* Hausskn., *Pedicularis densispica* Franch., dan *Potentilla fulgens* Wall. ex Hook., yang tumbuh pada ketinggian 3,000–4,600 m di Gunung Yulong, Tibet. Pada ketinggian ekstrim tersebut terjadi peningkatan indeks stomata namun ukurannya bertambah kecil (Liu, *et al.*, 2020).

Penelitian yang dilakukan di Gunung Cangbai China, melibatkan 150 spesies tanaman yang terdiri dari rumput, semak, dan pohon. Ketiganya memiliki mekanisme berbeda untuk merespond terhadap ketinggian. Semakin tinggi tempat indeks stomata akan meningkat hingga ketinggian tertentu kemudian menurun, sedangkan untuk pohon ketinggian akan menyebabkan respond mirip respond kekeringan sehingga kerapatan stomata menurun (Wang *et al.*, 2014)

Indeks epidermis berbanding terbalik dengan indeks stomata, penelitian pada tanaman *Triticum aestivum* L. menunjukkan jika indeks epidermis meningkat maka indeks stomata mengalami penurunan (Zhu *et al.*, 2021). Indeks stomata tidak dipengaruhi oleh ukuran daun (Sofiyanti *et al.*, 2021). Sedangkan untuk bagian adaksial, untuk bagian adaksial daun *Plumeria alba var cendana* yang hidup di dataran tinggi tidak memiliki stomata, sedangkan untuk yang hidup di dataran rendah ditemukan 1 sel stomata pada jaringan epidermisnya.



Gambar 5 Sayatan daun abaksial pada *Plumeria alba var cendana*; keterangan a) Kerapatan stomata pada dataran tinggi, b) Kerapatan stomata pada dataran rendah (Pembesaran 100x, skala bar: 40 μ m), c) stomata pada dataran tinggi memiliki ukuran 44 μ m, tanda panah hitam porus menutup (pembesaran 400x, skala bar: 20 μ m), d) stomata pada dataran rendah memiliki ukuran 41.5 μ m, tanda panah biru porus membuka (pembesaran 400x, skala bar: 20 μ m). keterangan pr: porus.

Pada Gambar 5b menunjukkan adanya *stomatal clustering* yang dibentuk oleh dua atau lebih stomata sebagai respond terhadap kekeringan, *stomatal clustering* menyebabkan tingginya indeks stomata sebagai bentuk adaptasi tumbuhan terrestrial terhadap kekeringan (Gan *et al.*, 2010). Kerapatan stomata dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti intensitas cahaya yang tinggi. Semakin tinggi intensitas cahaya dan suhunya maka kerapatan stomata juga semakin meningkat. Kerapatan mempengaruhi dua proses penting pada tumbuhan yaitu transpirasi dan fotosintesis. Tumbuhan dengan kerapatan tinggi memiliki tingkat transpirasi yang lebih tinggi dari pada tumbuhan dengan kerapatan yang rendah (Marantika *et al.*, 2021). Indeks stomata sebagai salah satu indikator kerapatan, berpengaruh terhadap pertukaran gas, tetapi bukan hanya indeks stomata yang tinggi namun juga dari proporsi antara jumlah sel stomata dengan jumlah sel keseluruhan (Liu *et al.*, 2021).

Kerapatan stomata berdasarkan indeks stomata. Tanaman mengatur kerapatan dan jumlah stomata, serta lebar porus stomata untuk mengoptimalkan fiksasi CO₂ yang digunakan dalam fotosintesis dengan meminimalisir

kehilangan air (Bertolino *et al.*, 2019). Dengan indeks stomata *Plumeria alba var cendana* 44.8 sesuai dengan habitat dataran rendah dengan suhu dan intensitas cahaya matahari yang tinggi memerlukan celah yang lebih banyak untuk mendukung proses pertukaran CO₂ dan transpirasi. Indeks stomata yang tinggi meningkatkan efisiensi fotosintesis kurang lebih 30% pada daerah yang memiliki suhu tinggi (Lawson *et al.*, 2014).

Pada gambar 5c dan 5d menunjukkan ukuran stomata yang ditemukan di dataran tinggi dan rendah memiliki ukuran yang tidak berbeda yaitu 44 dan 41.5 μ m. Sebagai data tambahan porus stomata pada dataran tinggi sedang menutup, sedangkan porus yang ditemukan di dataran rendah membuka. Pada daerah dataran tinggi yang memiliki kadar sinar ultraviolet (UV) yang tinggi, sinar UV menyebabkan meningkatnya suhu pada daun, respond tumbuhan dengan menutup sel stomata daun (Williams *et al.*, 2022). Membuka dan menutup porus stomata berhubungan erat dengan mekanisme evaporasi dan transportasi air pada tumbuhan. Mekanisme membuka dan menutup stomata dipengaruhi oleh suhu, intensitas cahaya matahari, ketersediaan air

dalam jaringan tumbuhan, dan fotosintesis (Tulata *et al.*, 2017). Di dalam sel penjaga (*guard cell*) terdapat pigment klorofil yang selain mampu berfotosintesis juga membantu menstimulasi membuka/menutup stomata (Azoulay-Shemer *et al.*, 2015). Stomata yang membuka pada daun yang diambil dari dataran rendah, karena suhu yang tinggi menstimulasi stomata membuka untuk menstabilkan suhu di dalam jaringan (Kostaki *et al.*, 2020).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan diperoleh simpulan bahwa jumlah stomata pada daun *Plumeria alba var cendana* pada dataran rendah adalah 45% dari total keseluruhan daun, sedangkan untuk daun yang ada pada dataran tinggi adalah 15% dari total keseluruhan daun. Indeks stomata pada daun *Plumeria alba var cendana* pada dataran rendah memiliki indeks stomata yang lebih tinggi (44.8) dibandingkan dengan daun pada dataran tinggi (14.9). Hasil uji dengan *mann whitney* menunjukkan adanya perbedaan antara indeks stomata yang ditemukan pada dataran rendah dengan dataran tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Azoulay-Shemer, T., Palomares A., Bagheri A., Israelsson-Nordstrom M., Engineer C. B., Bargmann B. O., Stephan A. B., Schroeder J. I. 2015. 'Guard cell photosynthesis is critical for stomatal turgor production, yet does not directly mediate CO₂ - and ABA-induced stomatal closing', *Plant J*, 83(4), 567-581. doi: 10.1111/tj.12916.
- Bertolino, L. T., Caine, R. S., & Gray, J. E. 2019. 'Impact of Stomatal Density and Morphology on Water-Use Efficiency in a Changing World'. *Front. Plant Sci.* 10:225. doi: 10.3389/fpls.2019.00225
- Campbell, N. A. & J. B. Reece. 2010. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 2*. Terjemahan: Damaring Tyas Wulandari. Jakarta: Erlangga.
- Costa, Y. O. D., & Daningsih, E. 2021. 'Ketebalan Daun dan Laju Transpirasi pada Tanaman Hias Dikotil', *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 27 (1), 40 – 47.
- Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Buleleng. 2023. Laporan Kajian lingkungan hidup strategis (KLHS).
- Gan, Y., Lei, Z., Zhong-Ji., S., Zhu-Xia, S., Yi-Qiong, Z., Gen-Xuan, W. 2010. *Stomatal clustering, a new marker for environmental perception and adaptation in terrestrial plants. Botanical Studies*, (2010) 51, 325-336.
- Hill, K. E., Greg, R. G., Robert, S. H., & Jenifer, R. W. 2014. *Temperature influences stomatal density and maximum potential water loss through stomata of *Dodonaea viscosa* subsp. *angustissima* along a latitude gradient in southern Australia. Australian Journal of Botany*, 2014 (62), 657 – 665 <http://dx.doi.org/10.1071/BT14204>
- Istiawan, N. D., & Dody, K. 2019. *The Effect of Growing Altitude on Yield and Oil Quality of Clove (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry.) in Samigaluh Sub-district, Kulon Progo, Vegetalika*, 8 (1), 27 – 41
- Kollist, H., Nuhkat, M., & Roelfsema, M. R. G. 2014. *Closing gaps: linking elements that control stomatal movement, New Phytol*, 203, 44–62. doi: 10.1111/nph.12832.
- Kostaki, K-I., Aude, C-L., Verity, C. B., Mathilda, G., Sun, P., Fiona, J. M., Donald P. F., Deirdre H. M., Alistair M. H., Antony N. D., Keara A. F. 2020. 'Guard Cells Integrate Light and Temperature Signals to Control Stomatal Aperture'. *Plant Physiology*, 182 (3), 1404–1419 (<https://doi.org/10.1104/pp.19.01528>)
- Lawson, T., Michael, R., Blatt. 2014. *Stomatal Size, Speed, and Responsiveness Impact on Photosynthesis and Water Use Efficiency, Plant Physiology*, 164 (4), <https://doi.org/10.1104/pp.114.237107>
- Liu, C., Li, Y., Chen, Z., & He, N. 2019. 'Variation in leaf morphological, stomatal, and anatomical traits and their relationships in temperate and subtropical forests', *Scientific Reports*, 2019 (9). (DOI <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42335-2>)
- Liu, C., Li, Y., Xu, L., Li, M., Wang, J., Yan, P., & He, N. 2021. 'Stomatal Arrangement Pattern: A New Direction to Explore Plant Adaptation and Evolution' *Front. Plant Sci*, 12:655255. doi: 10.3389/fpls.2021.655255
- Liu, W., Li, Z., Danhui, Q. 2020. *Variation in leaf traits at different altitudes reflects the adaptive strategy of plants to environmental changes. Ecology and Evolution*. 2020 (10), 8166–8175, <https://doi.org/10.1002/ece3.6519>
- 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), 1 – 6.
- Meriko, L., & Abizar. 2017. 'Struktur Stomata Daun Beberapa Tumbuhan Kantong Semar

- (*Nepenthes Spp.*’, *Jurnal Ilmu Hayati*. 6 (3), 325 – 330.
- Mudakir, I., Pujiastuti, Asyiah, I. N., Murdiyah, S., & Novenda, I. L. 2021. ‘*Comparison of Leaves Morphology and Stomatal Characteristics of Frangipani (Plumeria auminata) in Polluted and Not Polluted Place*’, *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 19 (1), 15 – 19.
- Mutaqin, A. Z., Budiono, R., Setiawati, T., Nurzaman, M., Fauzia, R. S. 2016. ‘*Studi Anatomi Stomata Daun Mangga (Mangifera indica) Berdasarkan Perbedaan Lingkungan*’, *Jurnal Biodjati*, 1 (1), 13 – 18.
- Paul, V., Laxmi, S., Rakesh, P., & Meena, R. C. 2017. *Measurements of Stomatal Density and Stomatal Index on Leaf/Plant Surfaces. In Manual of ICAR sponsored training programme on “Physiological Techniques to Analyze the Impact of Climate change on crop plants” 16–25 January – Division of Plant Physiology IARI, New Delhi, India – pp. 27-30*
- Richardson, F., Timothy, J., Brodribb, Gregory, J. Jordan. 2017. *Amphistomatic leaf surfaces independently regulate gas exchange in response to variations in evaporative demand, Tree Physiology*, 37 (7,) 869–878, <https://doi.org/10.1093/treephys/tpx073>
- Sabandar, A., Hiarije, A., & Sahartian, D. E. 2021. ‘*Struktur Sel Epidermis Dan Stomata Aegicerax corniculatum D dan Rhizophora apiculata pada Muara Sungai Desa Poka dan Desa Leahari*’, *Jurnal Biologi Science and Education*, 10 (1), 81 – 87.
- Sakoda, K., Yamori, W., Shimada, T., Sugano, S.S., Hara-Nishimura I, & Tanaka Y. 2020. *Higher Stomatal Density Improves Photosynthetic Induction and Biomass Production in Arabidopsis Under Fluctuating Light*. *Front. Plant Sci.* 11:589603. doi: 10.3389/fpls.2020.589603
- Sofiyanti, N., Wahyuni, P. I., & Iriani, D. 2021. ‘*Stomatal Characteristics of 5 Citrus L. Species (Rutaceae) From Pekanbaru, Riau Province*’, *Jurnal Biologi Tropis*, 22 (1), 173 – 178.
- Sukarsa, & Herawati, W. 2020. ‘*Analisis Keanekaragaman Genus Plumeira Berdasarkan Karakter Morfologi*’, *Prosiding Seminar Nasional LPPM Unsoed*, 10 (1), 38 – 45.
- Susilowati, A., Eka, N., Henti, H. R., Ahmad, B. R., Moehar, M. H., Ida, M. G., Nara, S. K., Apri, H. I. 2022. *Foliar stomata characteristics of tree species in a university green open space*, *Biodiversitas*, 23 (2), 1482-1489, DOI: 10.13057/biodiv/d230336
- Sutomo, Rajif. I., Wawan S. 2019. *Bedugul dari Angkasa*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya “Eka Karya” Bali. LIPI Press. Jakarta.
- Tian, M., Yu, G., He, N. *et al. Leaf morphological and anatomical traits from tropical to temperate coniferous forests: Mechanisms and influencing factors. Sci Rep* 6, 19703 (2016). <https://doi.org/10.1038/srep19703>
- Wallis, T. E. 1965. *Analytical Mycroscopy*. Boston. Little Brown and Company.
- Wang, R., Guirui, Y., Niangpeng, H., Quifeng, W., Fucui, X., Ning, Z., Zhiwei, X., Jianping, G. 2014. *Elevation-related variation in leaf stomatal traits as a function of plant functional type: evidence from Changbai Mountain, China. PLoS One.* 9 (12), doi: 10.1371/journal.pone.0115395
- Williams, T. B., Ian, C. D., Wagdy, Y. S., Nigel D. P. 2022. *Ultraviolet radiation causes leaf warming due to partial stomatal closure. Horticulture Research*, 9 (2022) uhab066, <https://doi.org/10.1093/hr/uhab066>
- Zhu, C., Yusong, H., Hude, M., Shumin, L., Fangfang, L., Congyuan, Z., Lin, L., Weizhen, L., Xiaohui, Y. 2021. *A Deep Learning-Based Method for Automatic Assessment of Stomatal Index in Wheat Microscopic Images of Leaf Epidermis. Front. Plant Sci.* 12:716784. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.716784>