



**ANALISIS KERAPATAN DAN UKURAN STOMATA TUMBUHAN
DIKOTIL PADA AREA NAUNGAN DAN TERBUKA DI
ARBORETUM SEMPAJA (SEBAGAI BAHAN AJAR
MATERI JARINGAN TUMBUHAN
KELAS XI SMA)**

Nuryani¹, Herliani^{2*}, Sri Purwati³, & Akhmad⁴

^{1,2,3,&4}Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Mulawarman, Jalan Muara Pahu, Samarinda, Kalimantan Timur
75242, Indonesia

*Email: herliani@fkip.unmul.ac.id

Submit: 19-10-2025; Revised: 26-10-2025; Accepted: 29-10-2025; Published: 31-10-2025

ABSTRAK: Naungan menyebabkan perbedaan intensitas cahaya yang memicu variasi fisiologis dan morfologi daun, termasuk kerapatan dan ukuran stomata sebagai bentuk adaptasi untuk menyeimbangkan fotosintesis dan transpirasi. Fenomena ini menjadi dasar pemilihan penelitian, karena menggambarkan kemampuan adaptif tumbuhan terhadap perubahan lingkungan mikro di habitat alaminya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kerapatan dan ukuran stomata tumbuhan dikotil yang tumbuh pada area naungan dan terbuka di Arboretum Sempaja. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan sampel beberapa spesies tumbuhan dikotil yang tumbuh di area naungan dan terbuka. Data diperoleh melalui pengamatan mikroskopis preparat epidermis daun menggunakan teknik sayatan langsung, *optilab*, dan *image raster* 3. Analisis statistik menunjukkan bahwa kerapatan stomata di area terbuka lebih tinggi (480 stomata/mm²) dibandingkan naungan (323 stomata/mm²). Namun, ukuran stomata tidak menunjukkan pola konsisten dengan rata-rata panjang (25,21 µm) dan lebar (18,45 µm) stomata di area naungan sedikit lebih besar daripada di area terbuka (24,16 µm dan 17,18 µm). Hasil ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya tinggi mendorong peningkatan kerapatan stomata sebagai mekanisme adaptif untuk mendukung laju fotosintesis.

Kata Kunci: Adaptasi Daun, Arboretum Sempaja, Intensitas Cahaya, Stomata, Tumbuhan Dikotil.

ABSTRACT: Shading causes differences in light intensity that trigger physiological and morphological variations in leaves, including stomata density and size as a form of adaptation to balance photosynthesis and transpiration. This phenomenon is the basis for selecting the research, because it illustrates the adaptive ability of plants to changes in the microenvironment in their natural habitat. This study aims to analyze the density and size of stomata of dicotyledonous plants growing in shaded and open areas in the Sempaja Arboretum. This study uses a descriptive quantitative approach with samples of several dicotyledonous plant species growing in shaded and open areas. Data were obtained through microscopic observation of leaf epidermis preparations using direct section techniques, *optilab*, and *image raster* 3. Statistical analysis showed that the density of stomata in open areas was higher (480 stomata/mm²) than in shaded areas (323 stomata/mm²). However, the size of the stomata did not show a consistent pattern; The average length (25.21 µm) and width (18.45 µm) of stomata in the shaded area were slightly larger than those in the open area (24.16 µm and 17.18 µm). These results indicate that high light intensity encourages increased stomatal density as an adaptive mechanism to support photosynthesis.

Keywords: Leaf Adaptation, Arboretum Sempaja, Light Intensity, Stomata, Dicotyledonous Plants.

How to Cite: Nuryani, N., Herliani, H., Purwati, S., & Akhmad, A. (2025). Analisis Kerapatan dan Ukuran Stomata Tumbuhan Dikotil pada Area Naungan dan Terbuka di Arboretum Sempaja (sebagai Bahan Ajar Materi Jaringan Tumbuhan Kelas XI SMA). *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 5(4), 1028-1039. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v5i4.769>



PENDAHULUAN

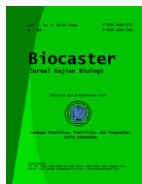
Daun merupakan salah satu bagian dari tumbuhan yang berasal dari batang yang membantu proses fotosintesis dengan menangkap energi cahaya matahari. Proses penangkapan energi cahaya matahari pada tumbuhan merupakan tugas dari lubang-lubang kecil pada daun yang disebut dengan stomata. Stomata umumnya ditemukan pada jaringan hijau, terutama pada permukaan daun (Abrilliant *et al.*, 2022).

Stomata adalah bagian penting pada tumbuhan yang berfungsi sebagai jalur masuknya CO₂ ke dalam daun serta keluarnya H₂O. Proses fotosintesis pada tumbuhan sangat dipengaruhi oleh mekanisme buka-tutup stomata yang dikendalikan oleh sel penjaga (Zahara & Cho, 2019). Stomata adalah pori-pori kecil dengan panjang berkisar antara 10 hingga 80 µm panjangnya yang mengatur pertukaran gas daun dengan memfasilitasi difusi karbon dioksida (CO₂) dari atmosfer ke kloroplas untuk fotosintesis (PN) dan mencegah kehilangan air yang berlebihan melalui transpirasi. Kompleks stomata adalah pori yang dikelilingi oleh dua sel penjaga, dan pada banyak tanaman dikelilingi oleh sel-sel tetangga. Kontrol stomata dicapai melalui regulasi fisiologis turgor sel penutup yang memodifikasi bukaan pori stomata, dan penyesuaian morfologi jumlah dan ukuran stomata pada daun yang baru berkembang (Haworth *et al.*, 2021).

Distribusi stomata pada setiap tumbuhan tidaklah sama, melainkan dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor internal meliputi luas permukaan daun, jumlah, ukuran, bentuk, kepadatan, serta mekanisme buka-tutup stomata. Sementara itu, faktor eksternal seperti suhu dan intensitas cahaya juga berperan penting dalam memengaruhi karakteristik stomata, termasuk keberadaan naungan yang menjadi salah satu faktor lingkungan penting. Ketersediaan air dan kelembapan udara juga dapat memengaruhi jumlah serta aktivitas stomata pada permukaan daun (Oktaviani & Daningsih, 2022).

Pembukaan dan penutupan stomata sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama ketersediaan cahaya dan perubahan osmotik, sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran CO₂ dan O₂ yang diperlukan dalam proses fotosintesis. Faktor ekologi seperti intensitas cahaya, ketersediaan air, kelembapan, dan konsentrasi CO₂ dapat memberikan pengaruh, baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap aktivitas stomata sesuai dengan lingkungan tempat tumbuhan berkembang (Alushi & Xhesika, 2020).

Stomata memiliki karakteristik berupa jumlah, kerapatan, dan tipe yang berperan penting dalam proses transpirasi. Faktor internal seperti distribusi dan ukuran stomata memengaruhi laju transpirasi pada tumbuhan. Distribusi stomata ditentukan oleh kerapatan stomata pada sel epidermis. Jika jumlah stomata rendah dengan sel epidermis yang lebih banyak, maka distribusinya juga rendah, dan demikian pula sebaliknya. Sementara itu, ukuran stomata ditentukan berdasarkan panjang dan luas yang diukur melalui sel penjaga. Semakin besar bukaan stomata, semakin tinggi pula laju transpirasi yang terjadi (Primawati & Daningsih, 2022).



Tumbuhan beradaptasi dengan lingkungannya melalui perubahan morfologi maupun anatomi. Salah satu faktor penting yang memengaruhi pertumbuhan adalah intensitas cahaya matahari, karena berperan sebagai sumber energi fotosintesis dan pengatur berbagai proses fisiologis. Perbedaan intensitas cahaya pada setiap habitat menuntut tumbuhan untuk menyesuaikan diri, misalnya melalui perubahan morfologi dan fisiologi. Pada kondisi ternaungi, tumbuhan umumnya menunjukkan ciri pertumbuhan yang khas, seperti peningkatan tinggi batang untuk memperoleh cahaya secara lebih optimal (Hamdani & Heru, 2020).

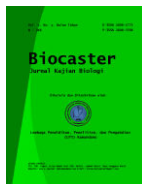
Salah satu bentuk adaptasi tumbuhan terhadap kondisi cahaya dapat diamati pada stomata. Stomata berperan penting dalam proses fotosintesis, karena menjadi jalur utama pertukaran gas dan pengaturan transpirasi. Variasi intensitas cahaya, baik pada area terbuka maupun ternaungi memengaruhi jumlah, kerapatan, serta ukuran stomata. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kerapatan stomata pada daun tanaman kopi yang tidak ternaungi lebih tinggi dibandingkan tanaman kopi yang ternaungi, baik dengan naungan sederhana maupun naungan multistrata (Suherman & Edi, 2015). Hal ini menegaskan bahwa cahaya dan kondisi naungan berpengaruh nyata terhadap karakteristik stomata. Temuan serupa juga dilaporkan pada *Sundacarpus amarus*, dimana daun yang tumbuh pada intensitas cahaya tinggi dan lingkungan kering memiliki stomata lebih banyak dengan ukuran relatif kecil sebagai upaya meningkatkan penyerapan karbon dioksida untuk menunjang fotosintesis (Karubuy *et al.*, 2018).

Setiap tanaman memiliki jumlah stomata per mm² yang berbeda. Jumlah stomata mempengaruhi kepadatan stomata, semakin banyak stomata, semakin tinggi kepadatannya. Setiap varietas tanaman memiliki tingkat kepadatan stomata yang bervariasi yang dikendalikan oleh faktor lingkungan, seperti suhu, konsentrasi CO₂, intensitas cahaya, dan ketersediaan air. Misalnya, kepadatan stomata pada permukaan daun meningkat seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya. Terdapat juga variasi distribusi stomata, seperti keberadaannya di kedua permukaan dan secara eksklusif di epidermis atas atau bawah (Marantika *et al.*, 2021).

Penelitian mengenai kerapatan dan ukuran stomata pada tumbuhan dikotil di Arboretum Sempaja penting dilakukan, karena berkaitan dengan bentuk adaptasi tumbuhan terhadap perbedaan intensitas cahaya pada area naungan dan terbuka. Karena kajian mengenai perbandingan kerapatan dan ukuran stomata pada tumbuhan dikotil di Arboretum Sempaja belum banyak dilaporkan, padahal kawasan ini memiliki variasi intensitas cahaya yang tinggi. Secara khusus, tujuan penelitian ini adalah: 1) mengetahui perbedaan kerapatan stomata tumbuhan dikotil pada area bawah naungan dan area terbuka di Arboretum Sempaja; dan 2) mengetahui perbedaan ukuran stomata tumbuhan dikotil pada area bawah naungan dan area terbuka di Arboretum Sempaja. Hasil penelitian ini juga dikembangkan sebagai bahan ajar materi jaringan tumbuhan pada kelas XI SMA, sehingga dapat memberikan pengalaman belajar yang kontekstual bagi siswa.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 28 April hingga 28 Mei 2025 di Arboretum Sempaja, Samarinda, Kalimantan Timur. Pengamatan sampel



dilakukan di Laboratorium Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mulawarman, Samarinda, Kalimantan Timur. Kerapatan stomata dihitung dalam satuan jumlah/mm², dan ukuran stomata diukur dari panjang dan lebar sel penjaga menggunakan mikroskop, *optilab*, dan *image raster*. 3. Analisis statistik dilakukan menggunakan uji *Mann-Whitney U* dan ANOVA.

Daun yang digunakan dalam penelitian ini diambil sebanyak dua helai dari setiap spesies, baik dari area naungan maupun area terbuka. Daun yang dipilih memiliki ukuran yang seragam, kemudian diukur menggunakan penggaris. Selanjutnya, permukaan bawah daun dibersihkan dengan tisu untuk menghilangkan debu atau kotoran yang menempel. Potongan jaringan kecil dari bagian abaksial (permukaan bawah daun) diambil menggunakan pisau silet, kemudian dilakukan sayatan tipis secara hati-hati pada bagian epidermis bawah daun hingga diperoleh irisan yang transparan. Sayatan tipis tersebut diletakkan di atas kaca benda, ditetesi sedikit air, lalu ditutup dengan kaca penutup. Preparat yang telah dibuat diberi label sesuai dengan spesies tumbuhan, kemudian diamati menggunakan mikroskop binokuler untuk mengidentifikasi stomata. Dokumentasi hasil pengamatan dilakukan menggunakan *optilab* yang terhubung dengan mikroskop. Karakteristik anatomi stomata yang diamati meliputi jumlah dan ukuran stomata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

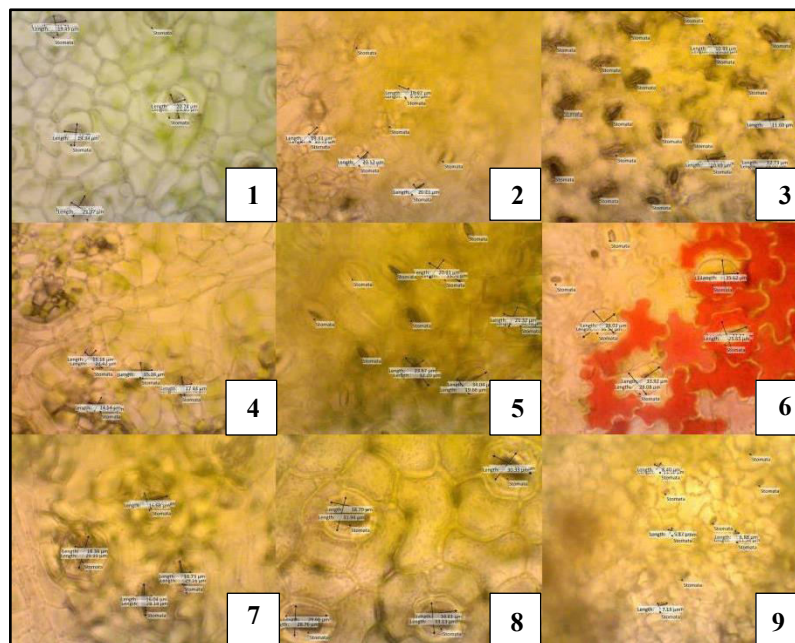
Hasil pengamatan dan analisis disajikan mengenai perbedaan kondisi lingkungan, kerapatan, serta ukuran stomata pada berbagai spesies tumbuhan dikotil yang tumbuh di area naungan dan terbuka di Arboretum Sempaja. Data yang diperoleh mencakup pengukuran parameter lingkungan (intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan udara), hasil pengamatan mikroskopis stomata, serta analisis statistik terhadap kerapatan dan ukuran stomata. Pengamatan terhadap kondisi lingkungan dilakukan untuk mengetahui perbedaan intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan udara antara area naungan dan area terbuka di Arboretum Sempaja. Parameter lingkungan ini berperan penting, karena dapat memengaruhi aktivitas fisiologis daun, termasuk kerapatan dan ukuran stomata. Hasil pengukuran disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan.

Lokasi	Hari ke-	Intensitas Cahaya (lux)	Suhu (0C)	Kelembapan Udara
Naungan	1	1.600	32	99
	2	1.489	30	90
	3	682	31	86
	4	1.236	32	95
Terbuka	1	9.800	32	89
	2	5.345	32	90
	3	7.786	32	84
	4	6.148	31	85

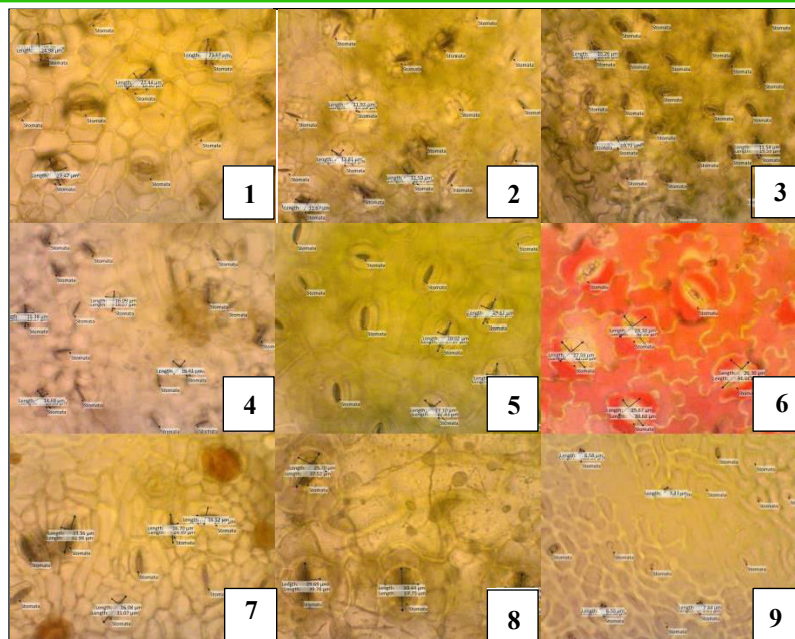
Berdasarkan Tabel 1, terdapat perbedaan di dua kondisi lingkungan lokasi naungan dan lokasi terbuka, nilai pengukuran intensitas cahaya pada lokasi terbuka memiliki rata-rata intensitas yang jauh lebih tinggi, berkisar anatar 5.345-9.800 lux, sedangkan pada lokasi naungan intensitas cahaya cukup rendah,

berkisar antara 682-1.600 lux, menunjukkan pada lokasi naungan terdapat penghalang cahaya seperti kanopi pohon. Kemudian pada pengukuran suhu udara kedua lokasi relatif stabil, dengan kisaran 30-32°C, meskipun lokasi naungan sempat menunjukkan suhu udara lebih rendah pada hari ke-2 (30°C). Selanjutnya, kelembapan di lokasi naungan cenderung lebih tinggi (86-99%) dibandingkan lokasi terbuka (84-90%). Hal ini menunjukkan bahwa area yang ternaungi dari sinar matahari langsung cenderung mempertahankan kelembapan udara yang tinggi.



Gambar 1. Hasil Pengamatan Stomata Tumbuhan Dikotil Lokasi Naungan Perbesaran 40x. 1) Ulin (*Eusideroxylon zwageri*); 2) Gaharu (*Aquilaria malaccensis*); 3) Nangka (*Artocarpus heterophyllus*); 4) Kapur (*Dryobalanops lanceolata*); 5) Bodhi (*Ficus religiosa*); 6) Puring (*Codiaeum variegatum*); 7) Tengkawang (*Rubroshorea stenoptera*); 8) Damar (*Agathis borneensis*); dan 9) Kerai (*Filicium decipiens*).

Berdasarkan Gambar 1, hasil pengamatan stomata daun tumbuhan dikotil di Arboretum Sempaja pada bidang pandang mikroskop yang digunakan sebagai dasar pengukuran kerapatan dan ukuran stomata pada lokasi naungan. Pengamatan kerapatan stomata dilakukan dengan menghitung jumlah stomata yang tampak dalam satu bidang pandang, kemudian hasilnya dikonversi ke satuan luas (mm^2). Nilai rata-rata diperoleh dari dua bidang pandang yang berbeda pada setiap tumbuhan. Ukuran stomata diukur berdasarkan panjang dan lebar stomata, yang berfungsi dalam pertukaran gas dan transpirasi. Pengukuran dilakukan pada empat stomata yang tampak jelas dan utuh menggunakan *image raster 3*. Stomata yang diidentifikasi dengan jumlah paling sedikit adalah Kapur (*Dryobalanops lanceolata*), Tengkawang (*Rubroshorea stenoptera*), dan Damar (*Agathis borneensis*), yaitu 4 stomata pada satu bidang pandang. Sedangkan, stomata yang memiliki jumlah yang tinggi adalah Bodhi (*Ficus religiosa*) 11 stomata dan Nangka (*Artocarpus heterophyllus*), yaitu 19 stomata dalam satu bidang pandang.



Gambar 2. Hasil Pengamatan Stomata Tumbuhan Dikotil Lokasi Terbuka Perbesaran 40x. 1) Ulin (*Eusideroxylon zwageri*); 2) Gaharu (*Aquilaria malaccensis*); 3) Nangka (*Artocarpus heterophyllus*); 4) Kapur (*Dryobalanops lanceolata*); 5) Bodhi (*Ficus religiosa*); 6) Puring (*Codiaeum variegatum*); 7) Tengkawang (*Rubroshorea stenoptera*); 8) Damar (*Agathis borneensis*); dan 9) Kerai (*Filicium decipiens*).

Berdasarkan Gambar 2, hasil dari pengamatan stomata daun tumbuhan dikotil di Arboretum Sempaja pada bidang pandang mikroskop yang digunakan sebagai dasar pengukuran kerapatan dan ukuran stomata pada lokasi terbuka. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada lokasi terbuka, jumlah stomata yang teramati cenderung lebih banyak dibandingkan dengan lokasi naungan. Hal ini tampak pada beberapa spesies yang menunjukkan perbedaan jumlah stomata yang tinggi pada kedua lokasi seperti Ulin (*Eusideroxylon zwageri*), dimana lokasi terbuka terdapat 9 stomata dan lokasi naungan 6 stomata, serta Gaharu (*Aquilaria malaccensis*) lokasi terbuka lebih banyak, yaitu 17 stomata pada lokasi terbuka dan 7 stomata pada lokasi naungan. Perbedaan ini mencerminkan adanya adaptasi anatomi daun terhadap intensitas cahaya yang lebih tinggi pada lingkungan terbuka, dimana peningkatan jumlah stomata berfungsi untuk mendukung proses fotosintesis yang lebih aktif melalui peningkatan laju pertukaran gas dan transpirasi.

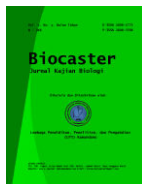
Untuk mengetahui perbedaan kerapatan stomata pada berbagai jenis tumbuhan dikotil di dua kondisi lingkungan yang berbeda, yaitu area bawah naungan dan terbuka, dilakukan pengamatan terhadap jumlah stomata per satuan luas (mm^2) pada permukaan daun. Data hasil pengamatan kemudian dibandingkan untuk mengetahui pengaruh kondisi lingkungan terhadap kerapatan stomata pada masing-masing jenis tumbuhan dikotil. Perbedaan kerapatan stomata ini dapat mencerminkan adaptasi fisiologis tumbuhan terhadap intensitas cahaya dan ketersediaan air di lingkungannya. Hasil pengamatan rata-rata kerapatan stomata tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengamatan Rata-rata Kerapatan Stomata (Jumlah/mm²) pada Area Bawah Naungan dan Terbuka.

No.	Jenis Tanaman	Naungan		Terbuka	
		Rata-rata	Kategori	Rata-rata	Kategori
1	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	180	Rendah	340	Sedang
2	<i>Aquilaria malaccensis</i>	240	Rendah	640	Tinggi
3	<i>Aquilaria malaccensis</i>	260	Rendah	440	Sedang
4	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	660	Tinggi	960	Tinggi
5	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	620	Tinggi	940	Tinggi
6	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	240	Rendah	580	Tinggi
7	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	320	Sedang	360	Sedang
8	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	240	Rendah	340	Sedang
9	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	280	Rendah	400	Sedang
10	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	380	Sedang	320	Sedang
11	<i>Ficus religiosa</i>	460	Sedang	500	Sedang
12	<i>Codiaeum variegatum</i>	220	Rendah	340	Sedang
13	<i>Codiaeum variegatum</i>	240	Rendah	280	Rendah
14	<i>Rubroshorea stenoptera</i>	180	Rendah	400	Sedang
15	<i>Agathis borneensis</i>	160	Rendah	180	Rendah
16	<i>Filicium decipiens</i>	480	Sedang	660	Tinggi
	Total	322.5	Sedang	480	Sedang

Berdasarkan Tabel 2, dapat dijelaskan bahwa pada daun *Eusideroxylon Zwageri* memiliki nilai kerapatan stomata yang rendah pada lokasi naungan (180 stomata/mm²) dan kategori sedang pada lokasi terbuka (340 stomata/mm²). Pada daun *Aquilaria malaccensis* di lokasi naungan menunjukkan nilai kerapatan stomata rendah (200 dan 240 stomata/mm²), dan lokasi terbuka dikategorikan sedang dan tinggi (640 dan 440 stomata/mm²). Selanjutnya pada daun *Artocarpus heterophyllus* memperlihatkan kerapatan stomata yang tergolong tinggi pada kedua lokasi, dengan nilai 660 dan 620 stomata/mm² di lokasi naungan dan 960 dan 940 stomata/mm² di lokasi terbuka. Kemudian lima data pengamatan dari *Dryobalanops lanceolata* menunjukkan varias kategori. Di lokasi naungan kerapatan stomata berkisar antara rendah (240-280 stomata/mm²) hingga sedang (320-380 stomata/mm²). Di lokasi terbuka, semua sampel mengalami peningkatan, mayoritas kategori sedang (320-400 stomata/mm²). Daun *Ficus religiosa* memiliki kerapatan sedang di lokasi naungan maupun lokasi terbuka (460 dan 500 stomata/mm²).

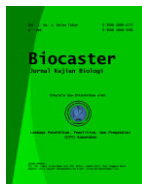
Tanaman *Codiaeum variegatum* memiliki dua pengamatan di lokasi naungan dengan kategori rendah (240 dan 260 stomata/mm²), sementara lokasi terbuka keduanya masuk kategori rendah dan sedang (280 dan 340 stomata/mm²). Tumbuhan *Rubroshorea stenoptera* memiliki kerapatan stomata rendah di lokasi naungan (180 stomata/mm²) dan sedang di lokasi terbuka (400 stomata/mm²). Lalu, pada daun *Agathis borneensis* juga tergolong rendah di kedua lokasi dengan nilai rata-rata yang hampir setara (160 dan 180 stomata/mm²). Sedangkan, pada daun *Filicium decipiens* memiliki kerapatan stomata sedang di lokasi naungan (480 stomata/mm²) dan kategori tinggi pada lokasi terbuka (660 stomata/mm²). Secara umum, sebagian besar tanaman mengalami peningkatan kerapatan stomata ketika berada di area terbuka dibandingkan dengan area naungan. Hal ini berkaitan dengan intensitas cahaya yang lebih tinggi di lokasi terbuka yang mendorong tanaman untuk meningkatkan aktivitas transpirasi dan pertukaran gas.



Dari hasil pengamatan yang dilakukan, dapat dilihat bahwa jumlah stomata yang ada pada daun tumbuhan dikotil di lokasi naungan dan terbuka memiliki perbedaan. Jumlah stomata pada tumbuhan yang ada pada lokasi terbuka memiliki jumlah yang lebih banyak. Hal ini juga dapat dilihat pada Tabel 2, bahwa kerapatan stomata pada lokasi terbuka memiliki klasifikasi paling banyak dari kategori sedang dan tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Karubuy *et al.* (2018), bahwa stomata biasanya memiliki jumlah kerapatan yang tinggi atau lebih banyak pada lokasi terbuka, atau lebih banyak terkena cahaya matahari. Menunjukkan bahwa intensitas cahaya berpengaruh terhadap jumlah stomata yang terbentuk pada permukaan daun. Tingginya kerapatan stomata pada lokasi terbuka juga didukung dengan data parameter lingkungan pada lokasi penelitian, bahwa intensitas cahaya lebih tinggi pada lokasi terbuka.

Pada area terbuka, cahaya matahari tersedia dalam intensitas yang lebih tinggi, membuat aktivitas fotosintesis tumbuhan juga meningkat. Perbedaan kerapatan stomata pada lokasi naungan dan terbuka sejalan dengan teori fisiologi tumbuhan, bahwa tingkat kerapatan mempengaruhi proses transpirasi dan fotosintesis. Tumbuhan dengan kerapatan tinggi memiliki tingkat transpirasi yang lebih tinggi dari pada tumbuhan dengan kerapatan yang rendah (Marantika *et al.*, 2021). Pada lokasi terbuka, cahaya matahari tersedia dalam intensitas yang lebih tinggi, sehingga proses fotosintesis tumbuhan juga meningkat. Kerapatan stomata yang tinggi mendukung proses tersebut untuk memaksimalkan penyerapan CO₂ dan pelepasan O₂, serta memperlancar proses transpirasi. Peningkatan kebutuhan gas (CO₂ dan O₂) mendukung proses fotosintesis. Oleh karena itu, tumbuhan menyesuaikan diri dengan membentuk stomata dalam jumlah banyak. Sedangkan, pada lokasi naungan intensitas cahaya rendah, sehingga laju fotosintesis menurun, sehingga tumbuhan tidak memerlukan stomata dalam jumlah banyak.

Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai kerapatan stomata pada spesies yang tumbuh di bawah lokasi naungan memiliki kerapatan yang relatif rendah hingga sedang, dibandingkan dengan kerapatan stomata pada spesies yang ada pada lokasi terbuka memiliki kerapatan yang relatif sedang hingga tinggi. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya. Misalnya, penelitian oleh Saraswati (2017) menyatakan bahwa adanya naungan memberikan respon yang nyata, yaitu mengurangi kerapatan stomata, sedangkan tanpa naungan memberikan respon peningkatan kerapatan stomata. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Li *et al.* (2023) yang meneliti struktur stomata pada tanaman daun teh di kebun dengan intensitas cahaya yang berbeda, menyimpulkan paparan cahaya meningkatkan jumlah stomata per satuan luas daun, sedangkan perlakuan naungan mengurangi kepadatan stomata daun. Dengan demikian, hasil penelitian mengonfirmasi bahwa kerapatan stomata merupakan salah satu indikator morfologi yang menunjukkan adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan mikro, khususnya dalam hal penerimaan cahaya. Penelitian ini juga memiliki nilai edukatif dalam praktik pembelajaran anatomi tumbuhan, terutama dalam pengamatan struktur mikroskopis tumbuhan. Tumbuhan dengan kerapatan stomata tinggi memiliki laju transpirasi dan fotosintesis yang lebih besar karena pertukaran gas yang lebih optimal, namun hal ini juga dapat meningkatkan kehilangan air, terutama pada kondisi lingkungan yang panas dan kering.



Tabel 3. Hasil Uji Mann-Whitney U Kerapatan Stomata Tumbuhan Dikotil Lokasi Naungan dan Lokasi Terbuka.

<i>Test Statistics^a</i>	
	Kerapatan
Mann-Whitney U	63.500
Wilcoxon W	199.500
Z	-2.436
Asymp. Sig. (2-tailed)	.015
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.014 ^b

Keterangan:

a. Grouping Variable: Lokasi; dan

b. Not Corrected for Ties.

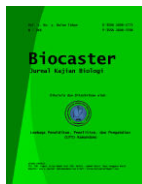
Berdasarkan hasil uji non-parametrik *Mann-Whitney U* menunjukkan bahwa nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* = 0,015 dan *Exact Sig. [2(1-tailed Sig.)]* = 0,014. Karena nilai signifikansi < 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kerapatan stomata pada kelompok lokasi yang dibandingkan.

Tabel 4. Pengamatan Rata-rata Ukuran Stomata pada Area Bawah Naungan dan Terbuka.

No.	Jenis Tanaman	Rata-rata Panjang Stomata (µm)		Rata-rata Lebar Stomata (µm)	
		Naungan	Terbuka	Naungan	Terbuka
1	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	23.35	27.52	21.66	18.92
2	<i>Aquilaria malaccensis</i>	20.03	22.28	11.31	16.41
3	<i>Aquilaria malaccensis</i>	24.22	23.17	18.46	15.90
4	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	24.15	17.55	15.30	9.76
5	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	24.11	21.05	14.23	11.60
6	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	21.47	19.49	13.38	15.44
7	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	22.52	21.91	16.25	14.51
8	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	21.21	20.63	16.33	16.57
9	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	20.88	21.08	15.97	16.31
10	<i>Dryobalanops lanceolata</i>	20.84	22.47	15.22	15.88
11	<i>Ficus religiosa</i>	32.41	27.69	22.21	17.44
12	<i>Codiaeum variegatum</i>	33.67	30.93	26.50	26.95
13	<i>Codiaeum variegatum</i>	32.50	33.15	28.09	27.10
14	<i>Rubroshorea stenoptera</i>	29.12	29.83	17.28	16.12
15	<i>Agathis borneensis</i>	40.69	37.73	35.75	29.15
16	<i>Filicium decipiens</i>	12.20	10.13	7.21	6.74
	Total	25.21	24.16	18.45	17.18

Hasil analisis menunjukkan bahwa panjang dan lebar stomata tidak memiliki pola yang konsisten antarspesies yang mengindikasikan adanya perbedaan kemampuan adaptasi morfologis masing-masing tumbuhan terhadap intensitas cahaya di habitatnya. Pada umumnya, ukuran stomata pada area naungan cenderung lebih besar dibandingkan dengan area terbuka. Pada pengukuran panjang stomata menunjukkan variasi antarspesies yang cukup jelas. Pada spesies seperti *Artocarpus heterophyllus* cenderung memiliki rata-rata panjang dan lebar yang lebih besar pada kondisi naungan (24,13 µm dan 14,77 µm) dibandingkan kondisi terbuka (19,30 µm dan 10,68 µm), *Agathis borneensis* rata-rata panjang stomata di area naungan sebesar 40,69 µm dan lebar 35,75 µm, sementara di area terbuka menurun menjadi panjang 37,75 µm dan lebar 29,15 µm.

Uniform Resource Locator: <https://e-journal.lp3kamandanu.com/index.php/biocaster>



μm . *Filicium decipiens* rata-rata panjang stomata di area naungan sebesar 12,20 μm dan lebar 7,21 μm , sementara di area terbuka menurun menjadi panjang 10,13 μm dan lebar 6,74 μm . Namun, pada beberapa spesies seperti *Eusideroxylon zwageri* memiliki panjang stomata lebih kecil di daerah naungan dibandingkan pada daerah terbuka, yaitu 23,35 μm dan 27,52 μm tetap memiliki lebar yang lebih besar pada lokasi naungan (21,66 μm) dari lokasi terbuka (18,92 μm).

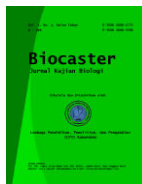
Hal ini menunjukkan bahwa terdapat variasi respons antar spesies terhadap kondisi cahaya, namun secara umum terdapat kecenderungan penurunan ukuran stomata di area terbuka. Hasil pengukuran ini berkaitan erat dengan mekanisme adaptasi tumbuhan terhadap intensitas cahaya dan efisiensi pertukaran gas, terutama dalam ketersediaan CO_2 dan kebutuhan tanaman akan air. Hal ini sesuai dengan teori bahwa konsentrasi CO_2 yang tinggi akan mendorong fotosintesis dan asimilasi karbon yang lebih efisien pada tanaman, sehingga untuk memaksimalkan manfaat dari tingginya CO_2 , stomata akan lebih kecil untuk membatasi masuknya CO_2 dan mencegah kehilangan air melalui transpirasi (Zait *et al.*, 2024).

Saat konsentrasi CO_2 di lingkungan meningkat, tanaman dapat melakukan fotosintesis lebih efisien tanpa harus membuka stomata secara maksimal. Dalam kondisi ini, stomata cenderung menutup sebagian untuk mengurangi kehilangan air yang tinggi di bawah sinar matahari langsung, namun tetap mampu menyerap cukup CO_2 . Sebaliknya, di lingkungan yang memiliki intensitas cahaya rendah seperti lokasi naungan, tumbuhan membuka stomata lebih besar untuk meningkatkan masuknya CO_2 ke dalam jaringan mesofil, karena fotosintesis terbatas oleh cahaya dan ketersediaan CO_2 di udara rendah. Bukaan stomata yang lebih besar memungkinkan masuknya CO_2 yang lebih besar (menyediakan pasokan yang cukup untuk fotosintesis daun) dan keluaran uap air melalui stomata (Lv *et al.*, 2024). Pada beberapa tumbuhan, ukuran stomata lebih besar pada area naungan merupakan respons fisiologis untuk memaksimalkan asupan CO_2 pada intensitas cahaya rendah, sekaligus menunjukkan lingkungan yang relatif lembap memungkinkan stomata tetap terbuka lebar tanpa kehilangan air berlebih.

Tabel 5. Hasil Uji ANOVA Data Ukuran Stomata Tumbuhan Dikotil Lokasi Naungan dan Lokasi Terbuka.

ANOVA					
Ukuran	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	778.176	3	259.392	5.821	.001
Within Groups	2673.756	60	44.563		
Total	3451.932	63			

Berdasarkan Tabel 5, diketahui bahwa nilai F_{hitung} sebesar 5,821 dengan nilai signifikansi 0,001. Karena nilai signifikansi $< 0,05$ maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kelompok yang dibandingkan dalam ukuran stomata. Perbedaan yang ada pada data dapat diketahui secara statistik dengan uji ANOVA, bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara ukuran stomata pada lokasi naungan dan lokasi terbuka. Berdasarkan analisis varians yang dilakukan, hal ini mendukung data empiris sebelumnya yang menunjukkan bahwa beberapa jenis tanaman seperti *Agathis*



borneensis dan *Codiaeum variegatum* memiliki ukuran stomata lebih besar di area naungan. Sebaliknya, beberapa tanaman seperti *Filicium decipiens* menunjukkan ukuran stomata lebih besar di area terbuka. Perbedaan signifikan ini menunjukkan adanya respons adaptif morfofisiologis terhadap lingkungan mikro, terutama intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data mengenai kerapatan dan ukuran stomata tumbuhan dikotil pada area naungan dan area terbuka di Arboretum Sempaja, maka dapat disimpulkan bahwa: 1) kerapatan stomata tumbuhan dikotil yang tumbuh di area terbuka lebih tinggi dibandingkan dengan area naungan, dengan nilai rata-rata masing-masing 480 stomata/mm² dan 323 stomata/mm². Perbedaan ini menunjukkan adanya adaptasi anatomi daun terhadap intensitas cahaya yang lebih tinggi, dimana peningkatan kerapatan stomata mendukung efisiensi fotosintesis dan transpirasi; dan 2) ukuran stomata (panjang dan lebar) pada tumbuhan dikotil di area naungan dan area terbuka menunjukkan variasi antarspesies yang tidak konsisten. Namun secara umum, ukuran stomata di area naungan cenderung lebih besar (rata-rata panjang 25,21 µm dan lebar 18,45 µm) dibandingkan area terbuka (rata-rata panjang 24,16 µm dan lebar 17,18 µm) yang mencerminkan respons fisiologis terhadap intensitas cahaya dan kelembapan mikro di lingkungan tumbuhnya.

SARAN

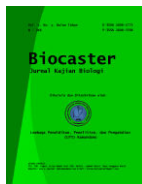
Berdasarkan simpulan tersebut, maka saran yang diberikan oleh peneliti di antaranya: 1) penelitian dapat dilakukan pada lokasi yang lebih luas agar memperkuat simpulan terkait pola adaptasi stomata terhadap lingkungan; dan 2) hasil penelitian ini bisa menjadi referensi untuk melakukan praktikum mengenai stomata pada tumbuhan dikotil, khususnya dalam mengamati struktur stomata dan variasinya di lingkungan berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing, dosen penguji 1, dan dosen penguji 2 yang telah bersedia meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga untuk memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis. Penghargaan yang tulus ditunjukkan kepada pihak pengurus Arboretum Sempaja yang telah mengizinkan penulis melakukan penelitian di Arboretum Sempaja, Samarinda. Terima kasih juga diucapkan kepada keluarga yang telah mendukung serta memberikan semangat kepada penulis.

DAFTAR RUJUKAN

- Abrilliant, P. S., Hana, R. G., Sulistiono, S., Ida, R., & Imas, C. (2022). Jumlah Stomata pada Tanaman Perindang di Area Pemakaman Kota Kediri. In *Seminar Nasional Sains, Kesehatan, dan Pembelajaran* (pp. 432-436). Kediri, Indonesia: Fakultas Ilmu Kesehatan dan Sains, Universitas Nusantara PGRI Kediri.
- Alushi, A., & Xhesika, V. (2020). Effects of Air Pollution on Stomatal Responses,



- Including Paleoatmospheric CO₂ Concentration, in Leaves of *Hedera helix*. *Albanian Journal of Agricultural Sciences*, 19(1), 21-28.
- Hamdani, K. K., & Heru, S. (2020). Pengembangan Varietas Tahan Naungan untuk Mendukung Peningkatan Produksi Tanaman Pangan. *Jurnal Planta Simbiosa*, 2(1), 24-25. <https://doi.org/10.25181/jplantasimbiosa.v2i1.1601>
- Haworth, M., Marino, G., Loreto, F., & Centritto, M. (2021). Integrating Stomatal Physiology and Morphology: Evolution of Stomatal Control and Development of Future Crops. *Oecologia*, 197(4), 867-883. <https://doi.org/10.1007/s00442-021-04857-3>
- Karubuy, C. N. S., Aditya, R., & Jacobus, W. (2018). Karakteristik Stomata dan Kandungan Klorofil Daun Anakan Kayu Cina (*Sundacarpus amarus* (Blume) C.N.Page) pada Beberapa Intensitas Naungan. *Jurnal Kehutanan Papuaasia*, 4(1), 50-51. <https://doi.org/10.46703/jurnalpapuasiasia.vol4.iss1.89>
- Li, P., Lin, J., Zhu, M., Zuo, H., Shen, Y., Li, J., Wang, K., Li, P., Tang, Q., Liu, Z., & Zhao, J. (2023). Variations of Stomata Development in Tea Plant (*Camellia sinensis*) Leaves in Different Light and Temperature Environments and Genetic Backgrounds. *Horticulture Research*, 10(2), 1-17. <https://doi.org/10.1093/hr/uhac278>
- Lv, Y., Gu, L., Man, R., Liu, X., & Xu, J. (2024). Response of Stomatal Conductance, Transpiration, and Photosynthesis to Light and CO₂ for Rice Leaves with Different Appearance Days. *Frontiers in Plant Science*, 15(1), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1397948>
- 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. <https://doi.org/10.20956/jal.v12i1.11041>
- Oktaviani, E., & Daningsih, E. (2022). Distribusi dan Luas Stomata pada Tanaman Hias Monokotil. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(1), 34-35. <https://doi.org/10.18343/jipi.27.1.34>
- Primawati, R., & Daningsih, E. (2022). Distribusi dan Luas Stomata pada Enam Jenis Tanaman Dikotil. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(1), 27-33. <https://doi.org/10.18343/jipi.27.1.27>
- Saraswati, S. A. (2017). Perbedaan Kerapatan Stomata Daun Tumbuhan Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril.) pada Tempat Terang dan Tempat Teduh (sebagai Sumber Belajar pada Materi Jaringan Tumbuhan SMA Kelas XI Semester Ganjil). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Suherman, S., & Edi, K. (2015). Keanekaragaman Stomata Daun Kopi pada Berbagai Pohon Penaung Sistem Agroforestri. *Jurnal Galung Tropika*, 4(1), 1-5. <https://doi.org/10.31850/jgt.v4i1.7>
- Zahara, M., & Cho, W. C. (2019). Morphological and Stomatal Characteristics of Two Indonesian Local Orchids. *Journal of Tropical Horticulture*, 2(2), 65-69. <http://dx.doi.org/10.33089/jthort.v2i2.26>
- Zait, Y., Joseph, A., & Assmann, S. M. (2024). Stomatal Responses to VPD Utilize Guard Cell Intracellular Signaling Components. *Frontiers in Plant Science*, 15(15), 1-16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1351612>