



Struktur Anatomi Daun Mangrove Jenis *Avicennia lanata* Ridl. Dan *Sonneratia Alba* J.E. Smith di Desa Siney Tengah, Parigi Moutong

¹Rindi Antika, ^{2*}Isnainar, ³Aan Febriawan, ⁴Musdalifah Nurdi, ⁵Hayyatun Mawaddah, ⁶Lilies,

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia.

*Corresponding Author e-mail: isnarinarbiota12@gmail.com

Received: March 2025; Revised: April 2025; Accepted: May 2025; Published: June 2025

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan dan membandingkan struktur anatomi daun mangrove jenis *Avicennia lanata* Ridl. dan *Sonneratia alba* J.E. Smith di wilayah pesisir Desa Siney Tengah, Kecamatan Tinombo Selatan, Kabupaten Parigi Moutong. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dan dilakukan di Laboratorium Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako pada bulan November 2024. Sampel penelitian berupa daun mangrove *A. lanata* dan *S. alba* yang dikumpulkan dari lokasi penelitian, dengan data diperoleh melalui observasi mikroskopis, dokumentasi, dan angket. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pada struktur anatomi daun kedua jenis mangrove, khususnya pada tipe stomata, ketebalan jaringan mesofil, dan perkembangan kelenjar garam. *Avicennia lanata* memiliki stomata aktinositik dan kelenjar garam yang lebih berkembang, sedangkan *Sonneratia alba* memiliki stomata siklostik dan jaringan tiang yang lebih tebal. Keduanya memiliki struktur dasar daun yang serupa, seperti kutikula, epidermis, korteks, serta jaringan pengangkut xilem dan floem. Dengan demikian, ada adaptasi anatomi yang khas pada masing-masing jenis, yang mencerminkan strategi bertahan hidup dalam ekosistem mangrove.

Kata Kunci: Struktur anatomi daun; *Avicennia lanata*; *Sonneratia alba*

Abstract: This study aims to describe and compare the anatomical structure of mangrove leaves of *Avicennia lanata* Ridl. and *Sonneratia alba* J.E. Smith in the coastal area of Central Siney Village, South Tinombo District, Parigi Moutong Regency. This study used a quantitative descriptive approach and was conducted at the Biology Education Laboratory, Faculty of Teacher Training and Education, Tadulako University in November 2024. The research samples were *A. lanata* and *S. alba* mangrove leaves collected from the research location, with data obtained through microscopic observation, documentation, and questionnaires. The results showed that there were differences in the anatomical structure of the leaves of the two mangrove species, especially in the type of stomata, the thickness of mesophyll tissue, and the development of salt glands. *Avicennia lanata* has actinocytic stomata and more developed salt glands, while *Sonneratia alba* has cyclic stomata and thicker pole tissue. Both have similar basic leaf structures, such as cuticle, epidermis, cortex, and xylem and phloem transport tissues. Thus, there are distinctive anatomical adaptations in each species, reflecting survival strategies in the mangrove ecosystem.

Keywords: Leaf anatomical structure; *Avicennia lanata*; *Sonneratia alba*

How to Cite: Antika, R., Isnainar, I., Febriawan, A., Nurdin, M., Mawaddah, H., & Lilies, L. (2025). Struktur Anatomi Daun Mangrove Jenis *Avicennia lanata* Ridl. dan *Sonneratia Alba* J.E. Smith di Desa Siney Tengah, Parigi Moutong. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(2), 920-928. doi:<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i2.15748>



<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i2.15748>

Copyright©2025, Antika et al

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) License.



PENDAHULUAN

Hutan mangrove merupakan ekosistem penting yang tumbuh di daerah pasang surut, terutama di muara sungai, pantai berlumpur, dan lahan basah dengan tanah anaerobik. Keunikan mangrove terletak pada kemampuannya untuk bertahan hidup di lingkungan ekstrem seperti kadar salinitas tinggi, perubahan pasang surut, dan substrat yang miskin oksigen. Indonesia sebagai negara maritim memiliki luas hutan mangrove terbesar di dunia, yaitu 3.489.140,68 ha atau 23% dari total ekosistem mangrove global (KLHK, 2017; Tobing *et al.*, 2021). Keanekaragaman hayati yang dimiliki ekosistem ini memberikan banyak manfaat, baik secara langsung maupun tidak langsung, seperti melindungi garis pantai, menjadi habitat biota laut, serta mendukung kehidupan sosial ekonomi masyarakat pesisir.

Jenis mangrove seperti *Avicennia lanata* dan *Sonneratia alba* tumbuh subur di wilayah pesisir Sulawesi Tengah, termasuk di Desa Siney Tengah, Kecamatan Tinombo Selatan. Kedua spesies ini diketahui memiliki adaptasi morfologis dan anatomi khas yang memungkinkan mereka bertahan dalam kondisi lingkungan yang keras. Struktur anatomi daun mereka mencerminkan adaptasi fisiologis terhadap kondisi tanah, ketersediaan air, serta intensitas cahaya dan salinitas. Keberadaan kedua spesies ini di lokasi yang sama menandakan pentingnya pemahaman tentang karakteristik internal yang memungkinkan mereka berkoeksistensi di habitat yang serupa. Hal ini menjadi dasar penting untuk dilakukan studi anatomi daun mangrove sebagai langkah awal dalam memahami lebih jauh mekanisme adaptasi tumbuhan pesisir di Indonesia yang sangat kompleks dan dinamis.

Fenomena tumbuh berdampingannya *Avicennia lanata* dan *Sonneratia alba* di substrat yang sama di Desa Siney Tengah mengindikasikan adanya perbedaan strategi adaptasi yang unik di antara kedua spesies, meskipun berada pada kondisi lingkungan yang serupa. Berdasarkan pendapat Masrurah & Insafitri (2020), jenis substrat merupakan faktor penentu utama zonasi mangrove. Oleh karena itu, spesies yang hidup pada substrat yang sama seharusnya menunjukkan kemiripan dalam struktur anatomi daun. Namun, hasil observasi menunjukkan bahwa *A. lanata* dan *S. alba* memiliki struktur anatomi yang berbeda, terutama pada jaringan pelindung, posisi stomata, dan keberadaan kelenjar garam. Perbedaan ini menimbulkan pertanyaan mengenai bagaimana mekanisme adaptasi tumbuhan bekerja dalam kondisi lingkungan yang homogen.

Hasil penelitian sebelumnya telah dilakukan di wilayah lain, seperti di Vietnam dan India, yang menunjukkan bahwa perbedaan struktur mikroskopis daun mangrove berkaitan erat dengan strategi adaptasi lokal terhadap salinitas dan tekanan osmotik (Naskar *et al.*, 2021; Patel & Singh, 2021). Di negara-negara tersebut, hasil penelitian anatomi daun mangrove dijadikan dasar untuk pengembangan media pembelajaran dan konservasi. Namun di Indonesia, pemanfaatan data anatomi daun sebagai sumber pembelajaran masih terbatas. Oleh karena itu, penting untuk mengeksplorasi secara lebih dalam perbedaan anatomi daun *A. lanata* dan *S. alba*, sekaligus mengintegrasikannya ke dalam media pembelajaran kontekstual berbasis ekosistem lokal yang dapat digunakan oleh mahasiswa pendidikan biologi untuk memperkuat pemahaman mereka terhadap adaptasi tumbuhan dan konservasi pesisir.

Belum banyak penelitian lokal yang secara spesifik membandingkan struktur anatomi daun mangrove dari dua spesies berbeda yang tumbuh berdampingan pada substrat yang sama. Ketidaksiharian antara teori zonasi berdasarkan substrat dan hasil observasi lapangan di Desa Siney Tengah menunjukkan adanya gap pengetahuan yang harus segera dijembatani. Kajian mendalam terhadap struktur anatomi daun *A. lanata* dan *S. alba* bukan hanya akan memperkaya pemahaman ilmiah, tetapi juga memberikan informasi relevan bagi upaya konservasi berbasis ekosistem lokal. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan dan membandingkan struktur anatomi daun mangrove jenis *Avicennia lanata* Ridl. dan *Sonneratia alba* J.E. Smith di wilayah pesisir Desa Siney Tengah, Kecamatan Tinombo Selatan, Kabupaten Parigi Moutong.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan tujuan untuk menganalisis dan menggambarkan struktur anatomi daun mangrove jenis *Avicennia lanata* dan *Sonneratia alba*. Desain penelitian ini difokuskan pada pengamatan langsung terhadap sampel daun mangrove yang diambil dari lokasi penelitian di Desa

Siney Tengah, Parigi Moutong. Proses penelitian dilakukan di Laboratorium Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tadulako pada bulan November 2024. Langkah-langkah penelitian meliputi pengambilan sampel daun, persiapan sayatan daun dengan teknik mikroskopis, pengamatan anatomi menggunakan mikroskop digital dengan berbagai perbesaran, serta dokumentasi hasil pengamatan dalam bentuk gambar dan catatan. Metode ini diharapkan dapat menghasilkan data yang valid dan akurat mengenai struktur anatomi daun yang diamati, serta dapat dijadikan bahan dasar pembuatan media pembelajaran berupa flipbook panduan praktikum.

Sampel dalam penelitian ini terdiri dari daun mangrove jenis *Avicennia lanata* dan *Sonneratia alba* yang diambil dari pohon-pohon yang tumbuh di Desa Siney Tengah, Parigi Moutong. Pemilihan sampel dilakukan secara purposive dengan kriteria daun tua yang berada di pangkal ranting atau cabang, karena daun tua memiliki struktur anatomi yang lebih berkembang sempurna. Dari setiap jenis mangrove, diambil 5 helai daun tua sehingga total sampel sebanyak 10 helai daun yang diamati. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan cutter dengan hati-hati agar jaringan daun tidak rusak. Sampel daun kemudian disimpan dalam kantong plastik ziper dan dimasukkan ke dalam ice box untuk menjaga kestabilan jaringan sebelum dibawa ke laboratorium. Karakteristik sampel dijelaskan berdasarkan kondisi daun, ukuran, serta lokasi pengambilan untuk memastikan keseragaman sampel yang digunakan dalam pengamatan anatomi. Teknik pengambilan ini diharapkan dapat menghasilkan sampel yang representatif dan dapat mewakili kondisi anatomi daun mangrove di lokasi penelitian.

Instrumen utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroskop digital binokuler dengan perbesaran mulai dari 10x hingga 100x untuk melihat detail struktur anatomi daun. Selain itu, alat pendukung seperti pipet tetes, silet, cawan petri, cover glass, dan plastik ziper digunakan untuk menyiapkan dan menjaga kualitas sampel selama proses pengamatan. Pewarnaan menggunakan etilen blue dilakukan untuk memperjelas struktur sel pada sayatan daun. Prosedur pengamatan meliputi pembuatan sayatan membujur dan melintang pada daun menggunakan silet, penempatan sayatan pada kaca preparat, pewarnaan, dan pengamatan mikroskopis untuk mengamati bagian-bagian anatomi daun seperti kutikula, epidermis, jaringan pengangkut, trikoma, stomata, dan kelenjar garam. Data hasil pengamatan dicatat secara sistematis untuk kemudian dianalisis dan disajikan.

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan struktur anatomi daun mangrove dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Analisis dilakukan dengan cara mengklasifikasikan dan menghitung frekuensi munculnya setiap komponen anatomi daun berdasarkan hasil pengamatan mikroskopis. Presentase kemunculan dan ciri-ciri struktur anatomi kemudian dijabarkan untuk memberikan gambaran lengkap mengenai perbedaan dan persamaan antara *Avicennia lanata* dan *Sonneratia alba*.

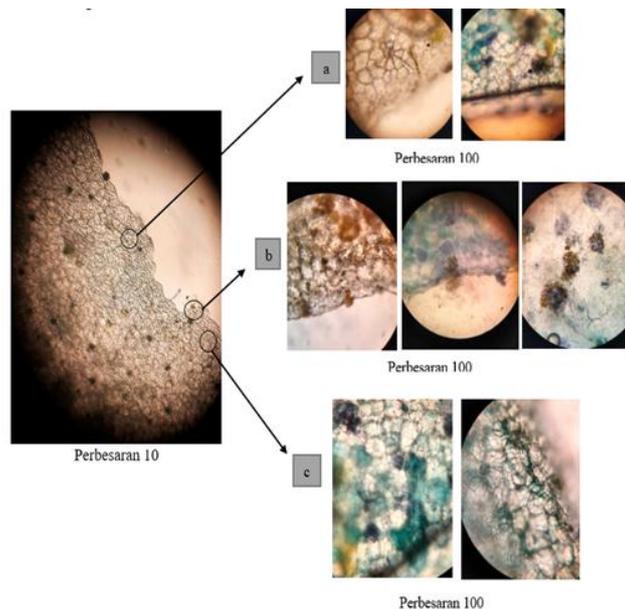
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dapat dilakukan di lokasi penelitian di Desa Siney Tengah berada di Kecamatan Tinombo Selatan, Kabupaten Parigi Moutong, Sulawesi Tengah dengan luas wilayah 6 km² atau setara dengan 600 ha. Desa ini merupakan salah satu desa yang memiliki potensi alam yang khas, termasuk ekosistem mangrove yang berperan penting bagi keseimbangan lingkungan. Mangrove jenis *Avicennia lanata* dan *Sonneratia alba* termasuk yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir. Tanaman ini memiliki fungsi utama sebagai penahan abrasi, habitat

bagi berbagai fauna pesisir, serta pendukung siklus nutrisi di lingkungan tersebut (Labaro, 2019).

Anatomi Daun mangrove jenis *Avicennia lanata*

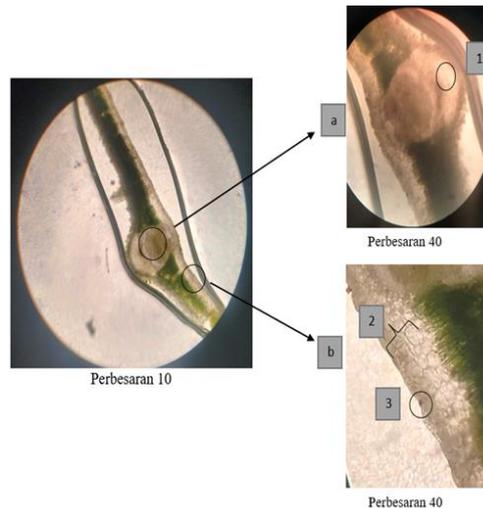
Sayatan melintang daun *Avicennia lanata* Ridl memiliki struktur anatomi yang khas terlihat jelas, mencerminkan adaptasi spesifik terhadap habitat dengan kadar salinitas tinggi. Salah satu komponen yang menonjol adalah stomata tipe aktinositik, yang dikelilingi oleh sel penutup berbentuk radial seperti jari-jari bintang. Struktur ini membantu meningkatkan efisiensi pengaturan transpirasi, terutama dalam mengontrol kehilangan air di lingkungan dengan intensitas cahaya tinggi. Keberadaan stomata ini sering kali terbenam di dalam epidermis untuk mengurangi penguapan yang berlebihan, sebuah strategi penting bagi tanaman mangrove (Tomlinson, 2022).



Gambar 3. (a) Stomata tipe aktinositic; (b). Kelenjar garam; (c). Jaringan parenkim (jaringan bunga karang)

Berdasarkan gambar di atas, diketahui bahwa gambar (a) menunjukkan stomata yang memiliki tipe aktinositik, di mana sel-sel penjaga stomata teratur dengan susunan radial. Stomata ini berperan dalam pengaturan proses transpirasi dan pertukaran gas pada tanaman yang tumbuh di lingkungan pesisir dengan tingkat salinitas tinggi. Gambar (b) terlihat keberadaan kelenjar garam yang terletak di permukaan daun. Kelenjar ini berfungsi untuk mengeluarkan kelebihan garam yang terakumulasi akibat proses osmosis dari lingkungan sekitar, membantu tanaman dalam mempertahankan keseimbangan osmotik. Gambar (c), terlihat jaringan bunga karang atau jaringan parenkim, yang memiliki rongga udara yang luas, memungkinkan pertukaran gas antara daun dan lingkungan. Jaringan ini juga berfungsi dalam penyimpanan cadangan makanan dan gas yang dibutuhkan untuk fotosintesis.

Dengan pemahaman umum mengenai pentingnya adaptasi struktural tanaman mangrove, kita dapat lebih memahami secara mendalam bagaimana komponen-komponen spesifik dalam struktur anatomi daun *Avicennia lanata* berperan dalam mendukung kelangsungan hidup tanaman di lingkungan yang penuh tantangan. Dalam hal ini, berkas pembuluh xilem dan floem, jaringan epidermis bawah, serta kelenjar garam merupakan beberapa elemen utama yang memainkan peran penting dalam pengaturan air, garam, dan fotosintesis.

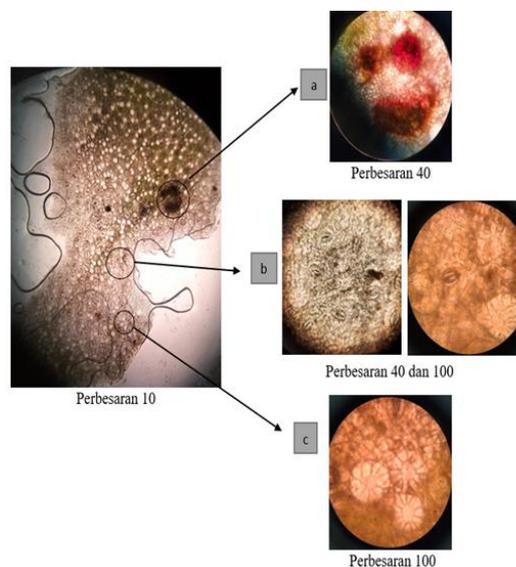


Gambar 4. a. Berkas pembuluh xilem dan floem (1) Korteks; b. (2) Epidermis, palisade, parenkim; (3) Kelenjar garam

Berkas Pembuluh Xilem dan Floem menunjukkan keberadaan berkas pembuluh xilem dan floem, yang masing-masing berfungsi untuk mengangkut air dan mineral dari akar ke daun serta mengangkut hasil fotosintesis ke seluruh bagian tanaman. Korteks berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan dan air dalam jaringan daun. Korteks juga membantu tanaman bertahan hidup dalam kondisi salinitas tinggi dengan menyimpan cadangan makanan selama kondisi yang tidak menguntungkan. Epidermis berfungsi melindungi jaringan internal dari penguapan berlebih, dan jaringan palisade memiliki sel-sel yang rapat dan panjang untuk mendukung proses fotosintesis. Kelenjar garam pada permukaan daun yang berfungsi untuk mengeluarkan kelebihan garam dari tubuh tanaman, memastikan tanaman tetap dapat bertahan hidup dalam kondisi salinitas tinggi.

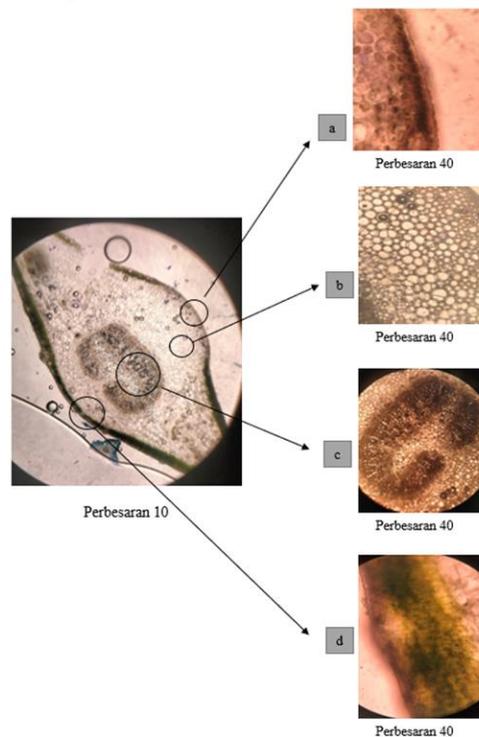
Anatomi Daun mangrove jenis *Sonneratia alba*

Pengamatan anatomi daun *Sonneratia alba* dilakukan dengan menggunakan mikroskop untuk memperoleh informasi tentang struktur internal daun pada sayatan melintang dan sayatan membujur. Berikut ini adalah deskripsi temuan yang ditemukan pada masing-masing sayatan.



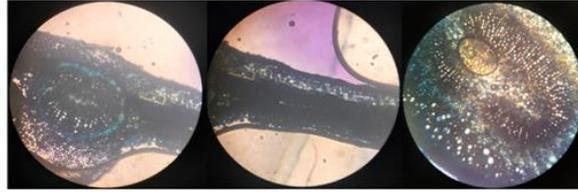
Gambar 5. (a) Kelenjar garam; (b) Stomata tipe siklostik; (c) Jaringan bunga karang

Pengamatan pada sayatan melintang daun *Sonneratia alba* menunjukkan beberapa struktur penting yang berfungsi dalam pengaturan air, gas, dan keberlanjutan fotosintesis. Berikut adalah hasil pengamatan mikroskopis: (a) Kelenjar garam berfungsi untuk mengeluarkan kelebihan garam yang terakumulasi akibat proses osmosis, membantu tanaman dalam mempertahankan keseimbangan osmotik, dan bertahan di lingkungan dengan tingkat salinitas tinggi. (b) Stomata Tipe Siklositik, di mana sel penjaga stomata membentuk susunan yang melingkar atau siklik. Stomata tipe ini berperan dalam pengaturan transpirasi dan pertukaran gas di lingkungan pesisir. (c) Jaringan Bunga Karang yang merupakan jaringan parenkim dengan rongga udara besar, memungkinkan pertukaran gas antara daun dan lingkungan. Jaringan ini juga berfungsi untuk mendukung fotosintesis serta penyimpanan cadangan makanan.



Gambar 6. (a) Kutikula, jaringan epidermis atas; (b) Korteks; (c) Jaringan pembuluh xilem dan floem; (d) Jaringan tiang (palisade)

Pada sayatan membujur daun *Sonneratia alba*, pengamatan memperlihatkan struktur yang mendalam seperti jaringan penyimpanan, pembuluh pengangkut, dan lapisan pelindung yang berperan dalam adaptasi tanaman terhadap kondisi lingkungan. (a) Kutikula dan Jaringan Epidermis Atas; Kutikula berfungsi sebagai lapisan pelindung yang mengurangi kehilangan air melalui penguapan, sementara epidermis atas melindungi jaringan internal dari pengaruh lingkungan yang keras, seperti radiasi matahari dan angin. (b) Korteks yang berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan dan air di dalam daun. Korteks juga memainkan peran penting dalam mendukung tanaman untuk bertahan dalam kondisi salinitas tinggi dengan menyimpan cadangan makanan yang dapat digunakan pada saat dibutuhkan. (c) Jaringan Pembuluh Xilem dan Floem; Xilem mengangkut air dan mineral dari akar ke daun, sementara floem berfungsi untuk mengangkut hasil fotosintesis ke seluruh bagian tanaman. (d) Jaringan Tiang (Palisade) yang terletak di bawah epidermis atas. Jaringan ini terdiri dari sel-sel panjang dan rapat yang berfungsi untuk menangkap cahaya matahari dan mendukung proses fotosintesis yang efisien.



Gambar 7. Berkas pembuluh xilem dan floem, serta korteks

Gambar sayatan membujur daun *Sonneratia alba* yang diberi pewarna etilen blue, tampak struktur internal daun yang lebih jelas, khususnya pada berkas pembuluh xilem dan floem serta korteks. Perbesaran yang digunakan pada gambar ini adalah 10x dan 40x untuk memberikan detail yang lebih mendalam. (a) Berkas pembuluh xilem dan floem tampak jelas setelah pemberian pewarna etilen blue. Pewarna ini memberikan kontras yang tinggi terhadap struktur pembuluh, memungkinkan identifikasi yang lebih baik terhadap saluran pengangkut air dan hasil fotosintesis pada daun. (b) Korteks juga terlihat dengan jelas pada gambar ini. Sebagai jaringan penyimpanan, korteks berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan dan air yang sangat penting dalam adaptasi tanaman terhadap lingkungan salinitas tinggi.

Hasil Observasi Jaringan Daun menggunakan pewarna etilen blue, beberapa jaringan seperti pembuluh xilem dan floem terlihat jelas, sedangkan jaringan lain seperti epidermis, jaringan palisade, dan jaringan bunga karang tampak menyatu dan kurang jelas. Hal ini menunjukkan bahwa pewarnaan etilen blue lebih efektif untuk menonjolkan jaringan pembuluh yang memiliki komposisi kimia berbeda, sementara jaringan yang lebih homogen kurang terdeteksi dengan jelas (Binder, 2020). Perbandingan anatomi daun antara *Avicennia lanata* dan *Sonneratia alba* menunjukkan adaptasi struktural yang khas untuk bertahan di lingkungan pesisir dengan salinitas tinggi. Meski keduanya tumbuh di habitat serupa, ditemukan perbedaan signifikan pada struktur stomata, kelenjar garam, dan jaringan lain yang menunjang adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang keras.

Pada *Avicennia lanata*, stomata yang ditemukan adalah tipe aktinositik, dengan sel penjaga tersusun secara radial. Tipe ini memungkinkan pengaturan transpirasi yang efisien untuk mengurangi kehilangan air, sangat penting bagi tanaman di lingkungan dengan penguapan tinggi dan salinitas besar (McAdam *et al.*, 2016). Sebaliknya, *Sonneratia alba* memiliki stomata tipe siklostitik yang membentuk pola melingkar, memberikan kemampuan penutupan stomata yang efektif untuk meminimalisir penguapan berlebih pada kondisi salinitas tinggi dan kelembapan rendah (Hidayati, 2018).

Kelenjar garam ditemukan pada kedua spesies sebagai adaptasi mengelola kelebihan garam dari air laut. Pada *Avicennia lanata*, kelenjar garam terletak di epidermis daun dan jelas terlihat pada sayatan melintang, berfungsi mengeluarkan garam berlebih agar tidak merusak jaringan tanaman (Koch, 2014). Sedangkan pada *Sonneratia alba*, kelenjar garam tersebar lebih luas di sepanjang epidermis daun, berperan serupa namun dengan mekanisme ekskresi yang lebih tersebar.

Jaringan parenkim pada kedua spesies berfungsi sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan dan ruang interseluler untuk pertukaran gas selama fotosintesis. Pada *Avicennia lanata*, jaringan ini lebih terorganisir, memberikan ruang penyimpanan air yang efisien di kondisi salinitas tinggi. Sedangkan pada *Sonneratia alba*, struktur jaringan parenkim lebih kompleks dan berfungsi mendukung adaptasi terhadap kekurangan air tawar (Hidayati, 2018; Koch, 2014). Selanjutnya pengamatan menunjukkan perbedaan penyusunan berkas pembuluh xilem dan floem. *Avicennia*

lanata memiliki pembuluh yang lebih rapat, mendukung transportasi air dan nutrisi yang efisien di lingkungan dengan kadar garam tinggi (McAdam *et al.*, 2016). Sebaliknya, *Sonneratia alba* memiliki berkas pembuluh yang lebih tersebar, mendukung mekanisme penyerapan air asin melalui sistem perakaran yang dalam (Perri *et al.*, 2019).

Avicennia lanata menunjukkan penebalan epidermis yang signifikan untuk mengurangi penguapan akibat paparan sinar matahari yang intens (Hunt & Gray, 2020). Sementara *Sonneratia alba* memiliki epidermis yang lebih tipis namun dilapisi kutikula tebal sebagai penghalang penguapan. Trikoma daun pada *Avicennia lanata* berfungsi memantulkan cahaya matahari dan mengurangi panas, sedangkan *Sonneratia alba* mengandalkan struktur lain sebagai perlindungan terhadap radiasi (Fambrini & Pugliesi, 2019). Korteks pada daun dan batang mangrove berfungsi sebagai penyimpan air saat kekurangan air (Reef & Lovelock, 2022). *Avicennia lanata* memiliki korteks yang lebih tebal sebagai cadangan air, sedangkan *Sonneratia alba* fokus pada penyimpanan oksigen dan nutrisi akibat seringnya tergenang air. Jaringan palisade pada *Avicennia lanata* lebih rapat dan efisien dalam menangkap cahaya, sedangkan *Sonneratia alba* dengan palisade yang lebih longgar beradaptasi pada lingkungan dengan cahaya terbatas. Pewarna etilen blue memberikan kontras yang baik untuk mengidentifikasi jaringan pembuluh dan parenkim karena afinitasnya terhadap bahan asam seperti pektin dan selulosa dalam dinding sel (Binder, 2020). Pewarnaan ini meningkatkan kejelasan visual, terutama pada pembuluh xilem dan floem, memudahkan analisis anatomi. Namun, pewarna ini kurang efektif memisahkan jaringan homogen, sehingga beberapa bagian terlihat menyatu dan perlu dilengkapi dengan teknik pengamatan lain (Noor *et al.*, 2019).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa struktur anatomi daun *Avicennia lanata* Ridl. dan *Sonneratia alba* J.E. Smith memiliki karakteristik khas yang mencerminkan adaptasi masing-masing terhadap lingkungan mangrove. Perbedaan tipe stomata, ketebalan jaringan, serta perkembangan kelenjar garam pada kedua jenis mangrove ini menegaskan variasi morfologi yang berperan dalam mekanisme fisiologis dan pengaturan air di habitatnya. Meski demikian, terdapat kesamaan mendasar dalam komponen anatomi seperti kutikula, epidermis, korteks, serta jaringan pengangkut yang menjadi ciri khas daun mangrove secara umum. Temuan ini memberikan dasar yang kuat untuk pemanfaatan struktur anatomi daun mangrove sebagai media pembelajaran yang dapat meningkatkan pemahaman tentang adaptasi tanaman terhadap lingkungan pesisir.

REKOMENDASI

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan yang lebih komprehensif dalam mengkaji anatomi daun mangrove pada jenis-jenis lain serta di wilayah yang berbeda guna memperluas pemahaman tentang variasi anatomi mangrove. Selanjutnya, disarankan agar penelitian berikutnya fokus pada analisis struktur anatomi batang dan akar mangrove dengan memanfaatkan peralatan laboratorium yang lebih memadai untuk meningkatkan akurasi dan kedalaman data.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, Pihak laboratorium biologi Fakultas MIPA Universitas Tadulako, dan Pihak desa Siney Tengah yang telah memberikan dukungan dalam penelitian ini. Terima kasih juga

kepada para ahli dan validator yang telah memberikan masukan berharga, serta kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. (2019). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktek* (16th ed.). Rineka Cipta.
- Binder, B. (2020). Ethylene signaling in plants. *The Journal of Biological Chemistry*, 295, 7710–7725.
- Fambrini, M., & Pugliesi, C. (2019). The Dynamic Genetic-Hormonal Regulatory Network Controlling the Trichome Development in Leaves. *Plants*, 8(8), 253.
- Hidayati, N. (2018). Stomatal structure and salinity tolerance in mangrove species. *Indonesian Journal of Marine Science*, 13(2), 47–56.
- Hunt, L., & Gray, J. (2020). How the stomate got his pore: very long chain fatty acids and a structural cell wall protein sculpt the guard cell outer cuticular ledge. *The New Phytologist*, 228(6), 1698–1700.
- KLHK. (2017). *Ekosistem Mangrove Indonesia dan Informasi Kehutanan Publik Tahun 2017*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Koch, E. W. (2014). *Mangrove Ecology and Management: A Practical Approach*. Springer Science & Business Media.
- Kurniawan, H., & Putri, L. (2023). Flipbook as a media for learning environmental science: Development and implementation. *Journal of Educational Technology*, 19(3), 112–120.
- Labaro, Y. R. (2019). *Tingkat Pemahaman Masyarakat Terhadap Hutan Mangrove Di Desa Tumpapa Indah Kecamatan Balinggi Kabupaten Parigi Moutong*. Universitas Tadulako.
- Masruroh, L., & Insafitri, I. (2020). Pengaruh jenis substrat terhadap kerapatan vegetasi *Avicennia marina* di Kabupaten Gresik. *Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 1(2), 151–159.
- McAdam, S., Sussmilch, F., & Brodribb, T. (2016). Stomatal responses to vapour pressure deficit are regulated by high speed gene expression in angiosperms. *Plant, Cell & Environment*, 39(3), 485–491.
- Naskar, S., Mondal, S., & Ankure, S. (2021). *Leaf anatomical adaptations of mangroves*. M. N. Grigore (Ed.), *Handbook of Halophytes*. Springer Science & Business Media.
- Noor, R., Tika, N., & Agustina, P. (2019). Preparat jaringan tumbuhan dengan menggunakan pewarna alami sebagai media belajar jaringan tumbuhan praktikum biologi sel. *Lentera Pendidikan*, 5(2), 136–148.
- Patel, N., & Singh, A. (2021). An overview of the adaptive variations in mangroves. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 14(4), 567–574.
- Perri, S., Katul, G., & Molini, A. (2019). Xylem- phloem hydraulic coupling explains multiple osmoregulatory responses to salt-stress. *The New Phytologist*, 224(2), 644–622.
- Reef, R., & Lovelock, C. E. (2022). Adaptations of Mangrove Plants to Environmental Stress. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 114–128.
- Tobing, A. N. L., Darmanti, S., Hastuti, E. D., & Izzati, M. (2021). Struktur anatomi daun mangrove api-api putih *Avicennia marina* (forsk.) vierh di Pantai Mangunharjo. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 6(1), 96–103.
- Tomlinson. (2022). *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press.