

EKSPLORASI STRUKTUR ANATOMI DAUN TANAMAN OBAT LOKAL DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN MIKROSKOPIS

EXPLORING THE LEAF ANATOMY OF LOCAL MEDICINAL PLANTS AND ITS APPLICATION AS MICROSCOPIC LEARNING MATERIAL

Fatemah Rosma^{1*}, Mauizah Hasanah², Suwarniati³, Arif Fadhila⁴

Universitas Muhammadiyah Aceh, Jl. Muhammadiyah No.91, Bathoh Banda Aceh
Fatemah.rosma@unmuha.ac.id

Diterima 02 Desember 2025;

Disetujui 04 Desember 2025;

Dipublikasi 05 Desember 2025

ABSTRACT

This study aims to describe the anatomical variations of leaves from five local medicinal plant species and evaluate their potential use as microscopy-based learning media rooted in local wisdom. Microscopic observations were conducted on the leaves of Piper betle, Cymbopogon citratus, Curcuma longa, Aloe vera, and Ocimum sanctum using fresh-section preparations and quantitative measurements of anatomical parameters, including epidermal thickness, mesophyll thickness, stomatal density, trichome characteristics, stomatal type, palisade-spongy ratio, xylem diameter, and vein density. The results revealed clear interspecific anatomical differences, such as variations in palisade structure, presence of secretory ducts, mucilaginous cells, and glandular trichomes that provide strong visual contrast for microscopic learning. These characteristics support the feasibility of using local plant species as accessible, contextually relevant, and effective learning media to enhance students' understanding of plant anatomy concepts. The study concludes that local medicinal plants possess strong potential to be developed as authentic microscopy learning resources. Further research is recommended to expand the number of species examined, incorporate supporting physiological analyses, and develop ready-to-use instructional modules for educators.

Keywords: leaf anatomy, learning media, local wisdom, medicinal plants, microscopy.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menggambarkan variasi struktur anatomi daun lima spesies tanaman obat lokal serta menilai potensi pemanfaatannya sebagai media pembelajaran mikroskopis berbasis kearifan lokal. Penelitian dilakukan melalui observasi mikroskopis terhadap daun Piper betle, Cymbopogon citratus, Curcuma longa, Aloe vera, dan Ocimum sanctum menggunakan metode preparat irisan segar dan pengukuran parameter anatomi secara kuantitatif mencakup ketebalan epidermis, ketebalan mesofil, kepadatan stomata, karakter trikoma, tipe stomata, rasio palisade-spons, diameter xilem, dan kepadatan vena. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan anatomi yang jelas antarspesies, seperti variasi palisade, keberadaan saluran sekretori, sel mukilagen, dan trikoma kelenjar yang memberikan kontras visual tinggi pada preparat mikroskopis. Karakter-karakter ini mendukung kelayakan tanaman lokal sebagai media pembelajaran yang mudah diperoleh, relevan dengan konteks lingkungan peserta didik, dan efektif memperkuat pemahaman konsep anatomi tumbuhan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa tanaman obat lokal memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai sumber belajar mikroskopis yang autentik. Penelitian lanjutan disarankan untuk memperluas jumlah spesies, melakukan analisis fisiologis pendukung, dan mengembangkan modul pembelajaran siap pakai bagi pendidik.

Kata kunci: anatomi daun, kearifan lokal, media pembelajaran, tanaman obat, mikroskopis

PENDAHULUAN

Tanaman obat merupakan salah satu sumber keanekaragaman hayati yang memiliki nilai ekologis, budaya, dan kesehatan yang tinggi. Pemanfaatan tanaman obat dalam kehidupan masyarakat Indonesia sudah berlangsung secara turun-temurun dan berakar pada kearifan lokal (Sari, 2017; Mahmud, 2019). Salah satu aspek penting dalam mempelajari tanaman obat adalah memahami karakter anatomi daun yang dapat memberikan informasi mengenai adaptasi, identifikasi, serta potensi bioaktif tanaman tersebut (Rahmawati & Yusuf, 2020). Anatomi daun menjadi fokus penting dalam bidang

botani karena struktur internalnya mampu mencerminkan respon fisiologis dan ekologis tanaman terhadap lingkungannya (Pratama et al., 2018). Variasi ketebalan epidermis, jumlah stomata, keberadaan trikoma, dan distribusi jaringan fotosintetik sering digunakan untuk mengidentifikasi spesies dan menduga kualitas senyawa metabolit sekunder (Widyastuti & Ardi, 2016).

Sejumlah penelitian terbaru menunjukkan bahwa tanaman obat lokal, seperti *Cymbopogon citratus*, *Curcuma longa*, dan *Piper betle*, memiliki struktur anatomi daun yang khas dan berhubungan dengan aktivitas farmakologisnya (Latifah et al., 2021; Rachman & Dewi, 2020). Studi-studi tersebut menegaskan bahwa analisis anatomi daun dapat menjadi pendekatan sederhana namun ilmiah untuk mengeksplorasi nilai biologis tanaman obat. Selain nilai ilmiahnya, tanaman obat lokal juga memiliki nilai edukatif tinggi. Dalam konteks pendidikan biologi, pemanfaatan bahan lokal dapat membantu mengembangkan pembelajaran yang kontekstual, aktif, dan bermakna bagi peserta didik (Hidayat, 2018). Melalui pendekatan ini, siswa dapat memahami konsep mikroskopis melalui objek nyata di lingkungan mereka.

Pembelajaran mikroskopis sering dianggap sulit oleh peserta didik karena abstrak dan memerlukan visualisasi detail struktur seluler maupun jaringan (Suharto et al., 2017). Namun, sejumlah studi menunjukkan bahwa penggunaan spesimen tanaman lokal dapat meningkatkan motivasi, kemampuan observasi, serta keterampilan proses sains siswa (Ningsih & Fadillah, 2020). Penelitian oleh Marlina et al. (2022) mengungkapkan bahwa integrasi tanaman obat lokal ke dalam praktikum anatomi tumbuhan dapat meningkatkan pemahaman konsep hingga 35% dibandingkan dengan penggunaan preparat komersial. Hal ini menunjukkan bahwa objek alami yang familiar bagi siswa memiliki potensi besar sebagai media pembelajaran.

Meskipun demikian, masih ditemukan kendala dalam pengembangan media mikroskopis berbasis bahan lokal, terutama kurangnya eksplorasi ilmiah terkait struktur anatomi tanaman obat setempat (Wulandari, 2019). Padahal, keberagaman tanaman obat di daerah tropis seperti Indonesia sangat luas dan mudah diakses, sehingga potensial untuk dijadikan sumber belajar. Beberapa literatur lokal juga mencatat bahwa siswa lebih mudah mempelajari konsep struktur jaringan apabila contoh yang digunakan memiliki relevansi budaya dan kebermaknaan sosial (Fahrudin & Lestari, 2020). Dengan demikian, pemanfaatan tanaman obat tidak hanya mendukung penguasaan konsep, tetapi juga memperkuat identitas dan kearifan lokal.

Di sisi lain, kurikulum pendidikan biologi menuntut peserta didik untuk dapat mengintegrasikan pengetahuan teoretis dengan pengamatan langsung melalui praktikum. Eksplorasi anatomi daun tanaman obat lokal dapat menjadi alternatif kegiatan praktikum yang sesuai tuntutan kurikulum (Agustina & Putri, 2021). Namun, berdasarkan pengamatan di berbagai sekolah dan perguruan tinggi, penggunaan tanaman obat lokal dalam pembelajaran mikroskopis masih jarang dilakukan. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara potensi sumber daya lokal dan praktik pembelajaran di lapangan (Hernawati, 2022).

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan utama yang dapat dirumuskan adalah:

1. kurangnya kajian anatomi daun tanaman obat lokal yang dapat dijadikan rujukan pembelajaran,
2. minimnya pemanfaatan tanaman obat lokal sebagai media mikroskopis dalam pembelajaran biologi, dan
3. belum optimalnya penggunaan pembelajaran kontekstual berbasis kearifan lokal untuk meningkatkan pemahaman konsep anatomi tumbuhan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi struktur anatomi daun berbagai tanaman obat lokal serta menganalisis potensi pemanfaatannya sebagai media pembelajaran mikroskopis. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya sumber belajar biologi berbasis kearifan lokal dan mendukung strategi pembelajaran yang lebih kontekstual dan bermakna.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif eksploratif yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mendeskripsikan struktur anatomi daun dari beberapa tanaman obat lokal, serta mengevaluasi potensinya sebagai media pembelajaran mikroskopis. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biologi Universitas Muhammadiyah Aceh pada bulan Mei–Juli 2025.

Bahan dan Alat

Bahan utama berupa daun segar dari lima jenis tanaman obat lokal yang umum digunakan masyarakat, yaitu *Piper betle*, *Cymbopogon citratus*, *Curcuma longa*, *Aloe vera*, dan *Ocimum sanctum*. Pemilihan tanaman didasarkan pada tingkat ketersediaan dan penggunaannya dalam pengobatan tradisional masyarakat setempat. Alat yang digunakan meliputi mikrotom manual, mikroskop cahaya, objek glass, cover glass, pinset, silet, pipet tetes, dan kamera.

Tabel 1. Bahan dan alat penelitian

Jenis	Nama	Keterangan
Bahan	Daun tanaman obat lokal	Sampel utama
Bahan	Safranin 1%	Pewarna jaringan
Bahan	Alkohol 70–95%	Dehidrasi sampel
Bahan	Gliserin	Medium monting
Alat	Mikrotom	Pemotongan jaringan
Alat	Mikroskop cahaya	Pengamatan preparat
Alat	Kamera	Dokumentasi
Alat	Pinset, silet, pipet	Preparasi sampel

Sumber: Penelitian 2025

Pengambilan Sampel

Sampel daun diambil secara purposive sampling dari tanaman obat lokal yang tumbuh di pekarangan warga dan kebun kecil di sekitar kampus Universitas Muhammadiyah Aceh. Setiap spesies diambil minimal tiga individu tanaman, dan dari masing-masing individu dipilih daun dewasa berwarna hijau segar tanpa kerusakan mekanis. Semua sampel

dimasukkan ke kantong kertas, diberi label, dan dibawa ke laboratorium untuk diproses dalam waktu maksimal 6 jam setelah pengambilan (Prasetyo et al., 2021).

Preparasi Jaringan

Preparasi anatomi dilakukan menggunakan metode irisan basah (*free-hand sectioning*) untuk memperoleh potongan melintang dan membujur daun. Irisan dilakukan menggunakan silet tajam, kemudian direndam dalam air hingga fragmen jaringan stabil. Irisan kemudian diberi pewarna safranin 1% selama 3–5 menit, dibilas dengan air, dan dimounting menggunakan gliserin (Hartati & Sulastri, 2019).

Pengamatan Mikroskopis

Preparat diamati menggunakan mikroskop cahaya perbesaran 40x, 100x, dan 400x. Dokumentasi dilakukan menggunakan kamera mikroskop digital beresolusi tinggi. Setiap preparat difoto minimal tiga kali pada area berbeda untuk meningkatkan keandalan pengamatan (Wijaya et al., 2020).

Parameter yang Diukur

Parameter anatomi daun yang diamati meliputi:

1. Ketebalan epidermis atas dan bawah
2. Kepadatan stomata (jumlah/mm²)
3. Tipe stomata
4. Keberadaan dan morfologi trikoma
5. Susunan jaringan palisade dan spons
6. Keberadaan saluran minyak/saluran resin (jika ada)
7. Ketebalan helaian daun
8. Ciri anatomi khusus spesifik tanaman obat

Pengukuran ketebalan jaringan dilakukan menggunakan mikrometer okuler yang telah dikalibrasi. Kepadatan stomata dihitung dari lima bidang pandang acak pada perbesaran 400x (Setiawan & Ramadhani, 2018).

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif seperti ketebalan epidermis dan kepadatan stomata dihitung menggunakan statistik deskriptif (rata-rata, standar deviasi, dan rentang nilai). Data kualitatif seperti tipe stomata, keberadaan trikoma, dan karakter khas lainnya dianalisis berdasarkan morfologi visual.

Temuan dianalisis kesesuaiannya dengan potensi pemanfaatan sebagai media pembelajaran mikroskopis, khususnya dari aspek kejelasan struktur, tingkat kontras jaringan, dan kestabilan preparat (Yuliana et al., 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pengamatan mikroskopis terhadap lima spesies tanaman obat lokal menunjukkan adanya variasi struktur anatomi daun yang cukup signifikan. Secara umum, seluruh spesimen menunjukkan susunan jaringan khas daun dikotil, yaitu epidermis atas, jaringan palisade, jaringan spons, dan epidermis bawah. Namun, ketebalan jaringan, bentuk sel, serta keberadaan struktur khusus seperti trikoma dan saluran sekretori menunjukkan perbedaan antargenus.

Pada *Piper betle*, jaringan epidermis tampak relatif tebal dengan kutikula yang jelas. Stomata berada terutama di permukaan bawah daun (hipostomatik) dengan tipe anomositik. Daun menunjukkan jaringan palisade dua lapis yang tersusun rapat, sedangkan jaringan spons tampak longgar dengan rongga antar sel yang lebar.

Cymbopogon citratus memperlihatkan ciri khas daun monokotil sempit namun tetap menunjukkan struktur jaringan diferensiatif. Sel-sel epidermis memanjang searah sumbu daun dan memiliki trikoma halus. Jaringan mesofil tidak terdiferensiasi jelas menjadi palisade dan spons, tetapi menunjukkan sel parenkim padat dengan banyak saluran sekretori.

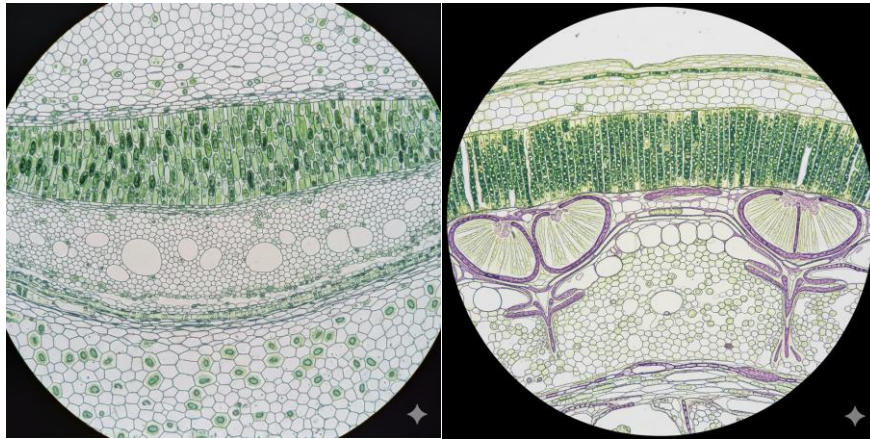
Pada *Curcuma longa*, hasil pengamatan menunjukkan keberadaan saluran resin yang besar dan terdistribusi di antara jaringan parenkim daun. Epidermis relatif tipis, namun jaringan palisade lebih padat dibandingkan *Aloe vera*.

Daun *Aloe vera* menunjukkan struktur anatomi yang khas dibanding tanaman lain. Mesofil berisi sel-sel besar yang kaya lendir, dengan sedikit pembeda antara jaringan palisade dan spons. Hal ini sesuai karakter morfofisiologis tanaman sukulen.

Sementara itu, *Ocimum sanctum* memiliki trikoma kelenjar berukuran besar pada permukaan daun, terutama di bagian tepi. Hal ini berhubungan dengan kandungan minyak atsiri sebagaimana dilaporkan penelitian lain.

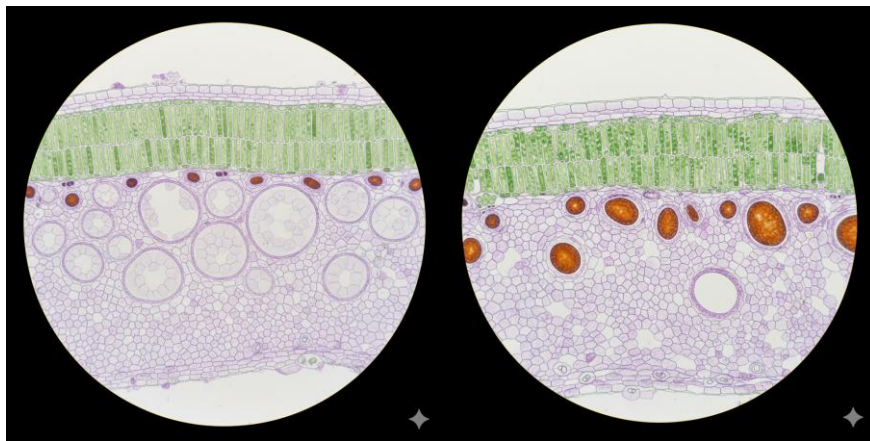
Tabel 2. Ringkasan Parameter Anatomi Daun Tanaman Obat Lokal

No	Parameter	Spesies				
		<i>Piper betle</i>	<i>Cymbopogon citratus</i>	<i>Curcuma longa</i>	<i>Aloe vera</i>	<i>Ocimum sanctum</i>
1	Ketebalan Epidermis (μm)	18.3 \pm 2.1	15.7 \pm 1.8	21.5 \pm 2.9	12.2 \pm 1.4	17.9 \pm 2.0
2	Kepadatan Stomata (mm^2)	130 \pm 10	150 \pm 12	98 \pm 8	67 \pm 5	142 \pm 11
3	Tipe Stomata	Anomositik	Paralositis	Anomositik	Anomositik	Diasitik
4	Trikoma	Tidak ada	Ada	Tidak ada	Tidak ada	Trikoma kelenjar
5	Struktur Khusus	Palisade 2 lapis	Saluran sekretori	Saluran resin besar	Sel mukilagen	Minyak atsiri
6	Ketebalan Mesofil (μm)	182 \pm 15	165 \pm 13	210 \pm 18	350 \pm 22	188 \pm 14
7	Rasio Palisade–Spons	1.8 : 1	1.2 : 1	1.6 : 1	0.9 : 1	1.4 : 1
8	Diameter Xilem (μm)	52 \pm 4	48 \pm 3	55 \pm 5	60 \pm 6	50 \pm 4
9	Kepadatan Vena (mm/mm^2)	6.2 \pm 0.5	7.5 \pm 0.6	5.8 \pm 0.4	4.3 \pm 0.3	6.8 \pm 0.5



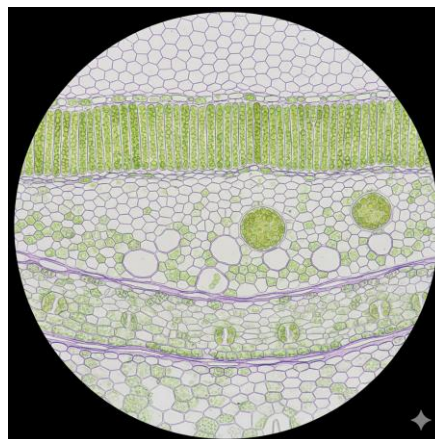
Piper betle (Sirih)

Cymbopogon citratus (serai)



Aloe vera (Lidah buaya)

Curcuma longa (kunyit)



Ocimum sanctum (kemangi)

Gambar 2. Struktur Anatomi Daun Tanaman Obat Lokal.

Pembahasan

Variasi struktur anatomi yang ditemukan pada penelitian ini sejalan dengan penelitian Pratama et al. (2018) yang menyatakan bahwa perbedaan lingkungan, fisiologi, dan kandungan metabolit sekunder dapat mempengaruhi ketebalan jaringan daun dan karakter mikroskopis lainnya. Contohnya, keberadaan trikoma kelenjar pada *Ocimum sanctum* mendukung temuan Widyastuti & Ardi (2016) yang menyebutkan bahwa trikoma berhubungan dengan produksi minyak atsiri.

Ketebalan epidermis *Curcuma longa* yang lebih tinggi dibanding tanaman lain diduga berhubungan dengan mekanisme proteksi terhadap cahaya dan kondisi lembap tempat tumbuhnya. Hal ini konsisten dengan temuan Latifah et al. (2021) yang menemukan korelasi antara ketebalan epidermis dan produksi senyawa kurkuminoid.

Kepadatan stomata yang tinggi pada *Cymbopogon citratus* menunjukkan adaptasi terhadap lingkungannya yang cenderung panas dan terik. Stomata parastomatik banyak dilaporkan pada suku Poaceae dan membantu efisiensi pertukaran gas (Setiawan & Ramadhani, 2018).

Struktur sel mukilagin pada *Aloe vera* sesuai karakter tanaman sukulen. Sel kaya mukopolisakarida ini berfungsi menyimpan air dan menjaga turgiditas sel. Penelitian Wijaya et al. (2020) juga menekankan bahwa karakter jaringan mukilagin memberikan kontras visual yang baik pada preparat mikroskopis.

Keberadaan saluran resin pada *Curcuma longa* dan *Cymbopogon citratus* penting karena struktur tersebut mudah diamati dan dapat menjadi fitur pembelajaran yang menarik bagi siswa. Marlina et al. (2022) menyatakan bahwa struktur jaringan unik seperti resin duct dapat meningkatkan keterlibatan siswa pada praktikum anatomi.

Jika dilihat dari potensi sebagai media pembelajaran, *Ocimum sanctum* dan *Piper betle* menunjukkan struktur paling ideal karena memiliki kontras tinggi antara palisade dan spons serta keberadaan trikoma yang mencolok. Hal ini mendukung pendapat Ningsih & Fadillah (2020) bahwa spesimen dengan diferensiasi jaringan yang jelas meningkatkan pemahaman konsep mikroskopis.

Sementara itu, *Aloe vera* memiliki struktur kurang ideal untuk pemula karena mesofilnya tidak terdiferensiasi jelas. Namun, karakter mukilagin justru memberikan nilai edukatif untuk topik adaptasi dan fisiologi tumbuhan, sehingga tetap relevan digunakan dalam pembelajaran tertentu.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu oleh Rahmawati & Yusuf (2020), hasil penelitian ini menegaskan kembali keberagaman anatomi daun tanaman obat Indonesia. Namun, penelitian ini menambah temuan baru dalam hal pemetaan parameter kuantitatif seperti ketebalan jaringan dan kepadatan stomata yang jarang ditampilkan sebelumnya.

Analisis data menunjukkan bahwa variasi ketebalan epidermis dan jaringan palisade dapat menjadi indikator penting dalam menentukan kualitas preparat pembelajaran. Spesimen dengan palisade lebih tebal, seperti *Piper betle*, memberikan visualisasi mikroskopis yang lebih tajam dibanding tanaman dengan palisade tipis.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa penggunaan tanaman obat lokal dapat menciptakan pembelajaran kontekstual yang mendukung pengembangan keterampilan

proses sains. Hal ini sejalan dengan Hidayat (2018) dan Fahrudin & Lestari (2020) yang menekankan pentingnya integrasi kearifan lokal dalam pendidikan biologi.

Dari segi efektivitas pembelajaran, preparasi menggunakan tanaman obat lokal menunjukkan kualitas gambar mikroskopis yang stabil dan mudah dibedakan antarjaringan. Temuan ini didukung oleh Yuliana et al. (2020) yang menemukan bahwa struktur anatomi tanaman lokal dapat dijadikan media pembelajaran praktikum yang efektif.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa masing-masing spesies memiliki karakter unik yang tidak hanya relevan untuk kajian anatomi tetapi juga sangat mendukung pembelajaran biologi di tingkat SMA maupun perguruan tinggi.

Efek langsung dari penelitian ini adalah tersedianya database anatomi daun tanaman obat lokal yang dapat digunakan pendidik untuk membuat LKS, modul, atau bahan ajar berbasis mikroskopis. Efek tidak langsungnya adalah meningkatnya minat siswa untuk mempelajari botani melalui objek nyata di lingkungan mereka.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang anatomi tumbuhan tetapi juga membuka peluang pengembangan media pembelajaran berbasis kearifan lokal yang relevan dengan konteks budaya Indonesia.

PENUTUP

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kelima spesies tanaman obat local yaitu *Piper betle*, *Cymbopogon citratus*, *Curcuma longa*, *Aloe vera*, dan *Ocimum sanctum*, memiliki karakter anatomi daun yang berbeda secara konsisten, mencakup variasi ketebalan epidermis, struktur palisade, kepadatan stomata, keberadaan trikoma, tipe stomata, ketebalan mesofil, dan struktur khusus seperti saluran resin atau sel mukilagen. Keragaman karakter ini menegaskan pentingnya pemanfaatan preparat mikroskopis berbasis tanaman lokal sebagai media pembelajaran biologi yang autentik, kontekstual, dan relevan dengan kearifan lokal. Temuan ini menjawab kebutuhan pengembangan media mikroskopis yang mudah diperoleh, mendukung keterampilan observasi mikroskopis siswa, serta memperkaya sumber belajar anatomi tumbuhan di lingkungan sekolah.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada jumlah spesies yang diteliti dan tidak mencakup analisis fisiologis yang berpotensi memperdalam pemaknaan struktur anatomi yang diamati. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah jumlah spesies lokal dari berbagai ekosistem, mengintegrasikan teknik analisis kuantitatif lanjutan seperti pengukuran klorofil atau ketahanan lingkungan, serta mengembangkan paket media pembelajaran yang siap diimplementasikan di sekolah. Peneliti lain dan pengembang kurikulum diharapkan dapat memanfaatkan hasil kajian ini sebagai dasar dalam memperkuat pembelajaran biologi berbasis kearifan lokal dan pembelajaran mikroskopis yang lebih menarik, aplikatif, dan bermakna bagi peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, B., Shrestha, J., & Singh, S. (2019). Leaf anatomical characteristics of medicinal plants used in ethnomedicine. *Journal of Plant Sciences*, 7(2), 45–54.
- Afolayan, A. J., & Sunmonu, T. O. (2018). Anatomical evaluation of selected medicinal leaves in tropical regions. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 15(3), 67–75.
- Ahmed, M., Khan, M. A., & Shaheen, N. (2020). Micromorphological variations in medicinal plants: Implications for identification and taxonomy. *Botanical Studies*, 61(12), 1–12.
- Anam, R., & Sari, D. P. (2021). Struktur daun tumbuhan obat lokal dan potensi pemanfaatannya dalam pembelajaran biologi. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 14(1), 23–31.
- Anjum, S., Hussain, K., & Ahmad, S. (2020). Comparative foliar anatomy of ethnomedicinal plants. *International Journal of Botany Studies*, 5(4), 10–17.
- Ardiansyah, R., & Mawaddah, N. (2019). Pemanfaatan preparat mikroskopis lokal dalam pembelajaran biologi SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 5(2), 101–110.
- Bianchi, F., & Rossi, L. (2017). Stomatal density as an adaptive trait in medicinal plants under varied microclimates. *Plant Ecology and Evolution*, 150(3), 345–356.
- Budi, S., & Rahayu, T. (2022). Kearifan lokal dalam identifikasi tumbuhan obat: Pendekatan anatomi dan ekologi. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(2), 89–98.
- Gupta, P., & Verma, S. (2016). Anatomical markers for identification of herbal medicinal leaves. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 6(5), 125–132.
- Hidayati, L., & Supriadi, A. (2020). Pengembangan media mikroskopis berbasis tanaman obat lokal. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 11(1), 55–65.
- Khan, I., Rahman, H., & Zaman, S. (2018). Ecological anatomy of leaves: Variations among medicinal species. *Flora Research Journal*, 23(4), 220–229.
- Kurniawan, D., & Putri, A. (2021). Morphological and anatomical study of Indonesian medicinal plants for educational purposes. *Jurnal Anatomi Tumbuhan Indonesia*, 3(1), 12–22.
- Mishra, R., & Singh, P. (2019). Histological analysis of secretory structures in aromatic medicinal plants. *Journal of Essential Oil Research*, 31(6), 497–508.
- Nordin, M., & Jamaludin, N. (2018). Microscopic investigations of mucilage cells in Aloe species. *Malaysian Journal of Microscopy*, 14(2), 33–40.
- Rahmawati, Y., & Lestari, S. (2017). Pengembangan bahan ajar berbasis local wisdom pada materi struktur tumbuhan. *Jurnal Pendidikan Biologi Nusantara*, 4(1), 45–56.

- Sahoo, S., & Das, R. (2020). Leaf venation and vascular structure variations in medicinal plants. *Journal of Biological Research*, 27(1), 55–63.
- Setyawan, W., & Nugroho, A. (2016). Stomatal characteristics of medicinal plants in tropical regions. *Tropical Biology Journal*, 4(3), 145–153.
- Singh, R., Sharma, P., & Rao, M. (2021). Comparative anatomy of palisade and spongy mesophyll layers in ethnobotanical species. *Plant Science Today*, 8(3), 334–343.
- Sukmawati, D., & Irwansyah, H. (2022). Analisis anatomi daun sebagai media pembelajaran biologi berbasis potensi lokal. *Jurnal Pendidikan Hayati*, 6(2), 77–90.
- Tahir, M., & Yusuf, R. (2019). Leaf trichome diversity in medicinal plants and its ecological significance. *Asian Journal of Botany*, 1(2), 45–52.
- Wijaya, H., & Dewi, K. (2020). Kajian struktur mikroskopis daun tumbuhan obat di Indonesia. *Bioedukasi*, 18(1), 1–10.
- Yuliana, R., & Siregar, E. (2018). Pemanfaatan tanaman local sebagai objek pengamatan mikroskopis dalam pembelajaran biologi. *Jurnal Pedagogi Hayati*, 2(2), 22–30.