

STUDI MORFOLOGI EPIDERMIS DAN STOMATA PADA TUMBUHAN SERTA IMPLIKASINYA DALAM PENDIDIKAN BIOLOGI

Fira Safitri

fitrasafitri8705@gmail.com

Universitas Adiwangsa Jambi

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur sel epidermis dan stomata pada beberapa spesies tumbuhan serta mengevaluasi efektivitas instrumen pembelajaran dalam praktikum biologi. Pengamatan struktur sel epidermis dan stomata dilakukan pada berbagai spesies seperti anggrek kalajengking, anggrek bulan, daun vanili, daun puring, daun pakis giwang, dan daun jarak pagar. Hasil pengamatan menunjukkan variasi yang signifikan dalam bentuk, ukuran, dan distribusi stomata di antara spesies, yang mencerminkan adaptasi morfologis terhadap kondisi lingkungan. Evaluasi kinerja instrumen penilaian dalam praktikum menggunakan analisis statistik berbasis SPSS 21. Pada instrumen penilaian produk, sebanyak 60,7% responden memberikan penilaian "Baik," sementara 25% menyatakan "Sangat Baik." Instrumen penilaian kinerja produk menunjukkan hasil yang lebih positif, dengan 67,8% responden menilai "Baik" dan 32% menilai "Sangat Baik." Data ini menunjukkan efektivitas instrumen dalam mendukung pembelajaran praktikum, meskipun terdapat kritik terhadap kejelasan kriteria pada instrumen penilaian produk. Penelitian ini memberikan wawasan baru tentang variasi struktur stomata di berbagai tumbuhan dan menekankan pentingnya pengembangan instrumen evaluasi yang lebih efektif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran praktikum biologi.

Kata Kunci: Stomata, Epidermis, Praktikum Biologi, Instrumen Penilaian, SPSS 21.

ABSTRACT

This research aims to analyze the structure of epidermal cells and stomata in several plant species and evaluate the effectiveness of learning instruments in biology practicum. Observations of the structure of epidermal cells and stomata were carried out on various species such as scorpion orchids, moon orchids, vanilla leaves, croton leaves, stud fern leaves and jatropha leaves. Observational results show significant variation in stomata shape, size, and distribution among species, reflecting morphological adaptation to environmental conditions. Evaluation of the performance of the assessment instrument in the practicum used statistical analysis based on SPSS 21. On the product assessment instrument, 60.7% of respondents gave a rating of "Good," while 25% stated "Very Good." The product performance assessment instrument showed more positive results, with 67.8% of respondents rating it "Good" and 32% rating it "Very Good." This data shows the effectiveness of the instrument in supporting practical learning, although there is criticism regarding the clarity of the criteria in the product assessment instrument. This research provides new insights into variations in stomatal structure in various plants and emphasizes the importance of developing more effective evaluation instruments to improve the quality of biology practical learning.

Keywords: Stomata, Epidermis, Biology Practicum, Assessment Instrument, SPSS 21.

PENDAHULUAN

Tumbuhan tersusun atas berbagai organ seperti akar, batang, daun, dan organ reproduksi yang berperan penting dalam mendukung kelangsungan hidupnya. Organ-organ ini terdiri dari jaringan kompleks, termasuk epidermis, parenkim, sklerenkim, dan jaringan pengangkut. Epidermis, sebagai lapisan terluar, memiliki peran penting dalam melindungi organ tumbuhan dari pengaruh lingkungan eksternal, sekaligus mengatur

pertukaran gas dan uap air melalui struktur khusus yang disebut stomata. Struktur sel epidermis dan stomata pada tumbuhan bervariasi secara signifikan antar spesies, mencakup perbedaan dalam bentuk, ukuran, jumlah, dan pola susunan, yang mencerminkan adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan spesifiknya. Penelitian terdahulu telah mengungkapkan variasi ini pada berbagai kelompok tumbuhan, termasuk suku Orchidaceae dan Euphorbiaceae. Berbagai penelitian sebelumnya telah dilakukan seperti Rompas et al. (2016) tentang suku Orchidaceae, yang mencakup anggrek kalajengking (*Arachnis flos-aeris*), anggrek bulan (*Phalaenopsis amabilis*), dan vanili (*Vanilla planifolia*), serta pada suku Euphorbiaceae, seperti puring (*Codiaeum variegatum*), pakis giwang (*Euphorbia milii*), dan jarak pagar (*Jatropha curcas*) (Anua et al., 2017).

Disisi lain, struktur dan fungsi sel juga merupakan salah satu materi penting dalam pendidikan biologi di tingkat sekolah. Kurikulum 2013 menekankan pentingnya pendekatan ilmiah (*scientific approach*) untuk meningkatkan kompetensi siswa, terutama dalam ranah psikomotorik. Namun, pelaksanaan evaluasi keterampilan siswa sering kali masih terbatas pada tes tertulis dan laporan praktikum, yang kurang mampu mencerminkan kemampuan siswa dalam memahami dan melakukan eksperimen biologi secara komprehensif. Untuk mengatasi tantangan ini, pengembangan instrumen penilaian berbasis model ADDIE telah dilakukan guna menyediakan alat evaluasi yang valid, reliabel, dan praktis. Instrumen ini dirancang untuk menilai kinerja siswa pada praktikum struktur dan fungsi sel, baik dalam aspek proses maupun produk. Dengan mengintegrasikan pendekatan ilmiah dan evaluasi autentik, diharapkan siswa tidak hanya memahami konsep secara teoretis tetapi juga mampu menerapkannya dalam konteks praktis (Nugroho et al., 2016).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur, yang bertujuan untuk menganalisis dan mensintesis data dari berbagai sumber ilmiah yang relevan. Data dikumpulkan dari artikel jurnal, buku referensi, dan dokumen kebijakan pendidikan, seperti penelitian tentang struktur sel epidermis dan stomata pada tumbuhan suku Orchidaceae (Rompas et al., 2011) dan Euphorbiaceae (Anua et al., 2017), buku anatomi tumbuhan (Fahn, 1991; Salisbury & Ross, 1995), serta panduan pengembangan instrumen penilaian berbasis model ADDIE (Nugroho et al., 2016). Literatur yang dipilih memenuhi kriteria relevansi dengan topik, diterbitkan dalam rentang waktu dua dekade terakhir, dan bersumber dari jurnal terakreditasi, buku akademik, atau dokumen resmi.

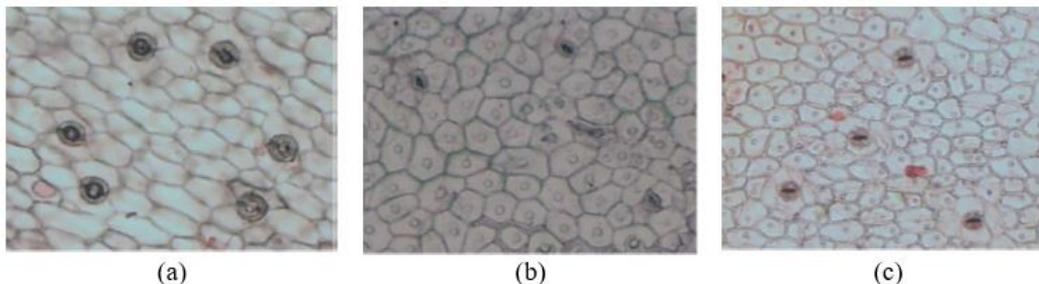
Data dianalisis secara kualitatif melalui beberapa langkah. Pertama, informasi dikelompokkan berdasarkan tema utama, yaitu variasi struktur sel epidermis dan stomata, adaptasi ekologis tumbuhan, dan pengembangan instrumen penilaian kinerja dalam pendidikan biologi. Selanjutnya, data dari berbagai literatur dikompilasi secara terstruktur untuk menghasilkan sintesis informasi yang menghubungkan antara penelitian biologis dan implementasinya dalam pendidikan. Validasi dilakukan untuk memastikan kualitas literatur dengan memverifikasi keaslian dan kredibilitas sumber berdasarkan penerbit, penulis, dan asal dokumen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur epidermis dan stomata pada daun merupakan komponen penting yang menentukan kemampuan tanaman dalam beradaptasi terhadap lingkungan tempat hidupnya. Epidermis, sebagai lapisan pelindung terluar daun, bertugas melindungi jaringan dalam daun dari kehilangan air, serangan patogen, dan kerusakan fisik. Di sisi lain, stomata berfungsi sebagai jalur utama pertukaran gas, seperti karbon dioksida untuk

fotosintesis dan oksigen hasil fotosintesis, serta mengatur penguapan air melalui transpirasi. Gambar yang dianalisis menunjukkan variasi struktur epidermis dan stomata pada beberapa jenis tanaman, yaitu anggrek (kalajengking, bulan, dan vanili), daun puring, pakis giwang, dan jarak pagar. Perbedaan ini memberikan wawasan mendalam tentang bagaimana setiap tanaman mengembangkan adaptasi morfologis sesuai dengan kebutuhan fisiologis dan lingkungan mereka.

Perbedaan struktur epidermis dan stomata pada setiap jenis tanaman yang dianalisis mencerminkan adaptasi morfologis terhadap lingkungan tempat mereka hidup. Anggrek kalajengking dan bulan menunjukkan strategi pengurangan kehilangan air melalui pengaturan jumlah stomata dan distribusinya yang jarang, yang merupakan adaptasi ideal untuk lingkungan epifit dengan pasokan air yang terbatas. Sebaliknya, daun vanili yang hidup di lingkungan lembap menunjukkan kebutuhan transpirasi yang lebih tinggi, sehingga memiliki jumlah stomata yang lebih banyak dan ukuran yang lebih besar. Daun puring dan pakis giwang, yang sering ditemukan di lingkungan dengan kelembapan tinggi, memiliki stomata dalam jumlah banyak dengan ukuran besar untuk meningkatkan efisiensi pertukaran gas. Di sisi lain, daun jarak pagar yang hidup di lingkungan panas dan kering menunjukkan efisiensi dalam mempertahankan keseimbangan air dengan stomata yang terdistribusi merata dan epidermis yang sederhana namun efektif.



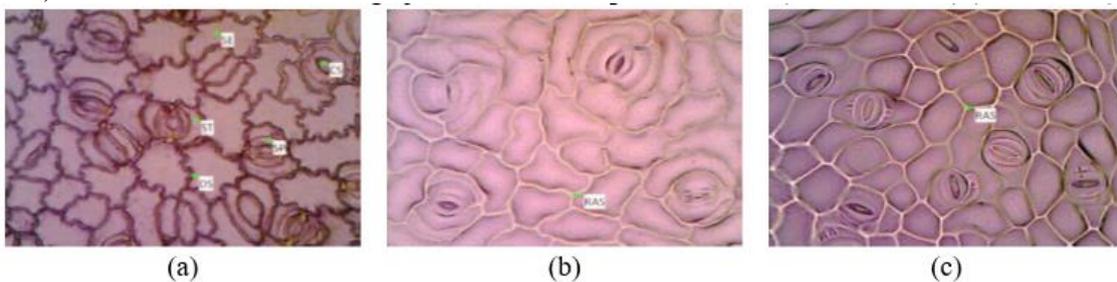
Gambar 1. Struktur sel epidermis dan stomata (a) anggrek kalajengking (b) anggrek bulan (c) daun vanili (Rompas et al., 2011)

Gambar 1a merupakan epidermis pada anggrek kalajengking menunjukkan pola poligonal dengan susunan sel yang cukup teratur. Dinding sel yang halus menunjukkan efisiensi dalam melindungi daun tanpa kehilangan fleksibilitas, yang sangat penting untuk tanaman epifit yang hidup menempel pada pohon di lingkungan dengan sumber daya terbatas. Selain itu, jumlah stomata yang sedikit dan distribusi yang jarang pada daun ini mencerminkan adaptasi untuk meminimalkan kehilangan air melalui transpirasi. Bentuk sel epidermis anggrek kalajengking (*Arachnis flos-aeris*) ada yang memanjang, segi lima, segi enam, dan tidak beraturan. Walaupun terdapat perbedaan bentuk sel epidermis, tetapi secara ontogeni epidermis merupakan jaringan yang seragam. Susunan sel epidermis tersusun rapi dan searah, mempunyai struktur morfologi dan anatomi yang kokoh karena tersusun dari sel yang rapat satu sama lain atau tidak terdapat ruang antar sel (RAS) dan pada pengamatan ini nukleus tidak teramati (Rompas et al., 2011). Stomata daun anggrek kalajengking dikelilingi oleh 4 sel tetangga, 2 sel tetangga sejajar pada setiap sisi yaitu pada bagian kanan dan kiri, dan 2 sel tetangga lainnya terletak pada masing-masing ujung poros. Jumlah dan susunan sel tetangga ditentukan oleh suku tumbuhan tersebut. Pada daun yang bertulang sejajar, stomata tersusun dalam deretan memanjang dan pembentukan stomata dimulai dari ujung sampai ke arah dasar daun atau basipetal. Arah membuka sel penutup stomata sejajar terhadap sel tetangga.

Sel epidermis pada tumbuhan anggrek bulan hampir sama dengan anggrek kalajengking yaitu berbentuk segi lima, segi enam, bahkan ada yang bentuknya tak beraturan dan hanya terdiri dari selapis sel. Susunan sel epidermis ini tidak beraturan satu

sama lain. Letak sel-sel epidermis ini sangat rapat sehingga tidak terdapat ruang-ruang antar sel (non intercellular spaces). Pada masing-masing sel terdapat inti yang umumnya terletak di tengah. Anggrek bulan yang ditunjukkan pada gambar 1b, juga menunjukkan jumlah stomata yang sedikit. Namun, susunan epidermisnya lebih tidak teratur, dengan dinding sel yang lebih tebal untuk memberikan perlindungan tambahan terhadap lingkungan yang lebih kering. Kedua jenis anggrek ini menggunakan fotosintesis CAM (Crassulacean Acid Metabolism), yang memungkinkan stomata mereka hanya terbuka pada malam hari, mengurangi risiko kehilangan air dalam kondisi lingkungan epifit yang sering kekurangan air. Stomata dikelilingi oleh 4-5 sel tetangga dan dua sel tetangga masing-masing terdapat di samping sebuah sel penutup (Gambar 2) yang merupakan ciri tumbuhan monokotil. Arah membuka sel penutup stomata sejajar terhadap sel tetangga. Stomata berbentuk ginjal dan memiliki tipe anomositik serta teramati dalam posisi terbuka dan tertutup (Richey, 2011).

Berbeda dengan anggrek epifit, daun vanili yang juga termasuk dalam keluarga anggrek memiliki struktur epidermis yang lebih rapat, dengan stomata yang lebih banyak dan lebih besar. Adaptasi ini mendukung kebutuhan metabolisme tanaman yang hidup di lingkungan dengan kelembapan tinggi. Dengan jumlah stomata yang lebih banyak, daun vanili mampu meningkatkan transpirasi untuk menjaga suhu tubuh tanaman tetap stabil dan mendukung proses fotosintesis secara optimal. Pola distribusi stomata yang merata pada daun vanili mencerminkan kemampuan tanaman ini untuk beradaptasi di habitat yang mendukung pertukaran gas yang lebih efisien. Stomata dikelilingi oleh 4 sel tetangga, tersusun teratur membentuk lingkaran mengelilingi stomata (Gambar 1c). Sel tetangga biasanya berkembang dari sel protoderm yang berbatasan dengan sel induk stomata (Fahn 1991). Arah membuka stomata sejajar terhadap sel tetangga. Letak stomata berderet atau tersebar sulit ditentukan pada pengamatan stomata ketiga macam tumbuhan tersebut, karena luas pandang pengamatan terlalu kuat dengan pembesaran 268X. Berbeda dengan posisi stomata pada anggrek kalajengking dan anggrek bulan dalam posisi terbuka, bentuk stomata vanili dalam posisi tertutup dan berbentuk ginjal. Hal ini memberikan informasi bahwa tidak semua tumbuhan monokotil memiliki stomata bentuk halter. Tumbuhan suku Orchidaceae khususnya tumbuhan anggrek kalajengking, anggrek bulan dan vanili memiliki stomata bentuk ginjal dan memiliki tipe anomositik (kecuali vanilli) (Fahn, 1991).



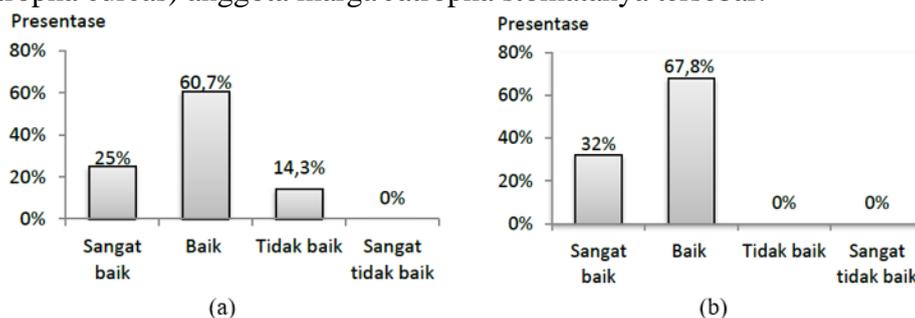
Gambar 2. Struktur sel epidermis dan stomata (a) daun puring (b) daun pakis giwang (c) daun jarak pagar (Anu et al., 2017)

Selanjutnya, pada gambar 2a daun puring, pola dinding sel epidermis terlihat bergelombang, yang memungkinkan fleksibilitas daun saat menghadapi perubahan lingkungan, seperti fluktuasi suhu atau kelembapan. Stomata yang bertipe anomositik tersebar dalam jumlah yang cukup banyak, memungkinkan pertukaran gas berlangsung cepat tanpa kehilangan air yang signifikan. Pola ini mencerminkan adaptasi tanaman puring yang sering ditemukan di lingkungan dengan intensitas cahaya tinggi dan kelembapan moderat. Pada gambar 2a, pakis giwang menunjukkan struktur epidermis

dengan sel-sel yang lebih besar dan dinding sel yang lebih tebal. Stomata pada daun pakis giwang berukuran besar dan terdistribusi merata, menunjukkan adaptasi terhadap lingkungan yang lembap, seperti hutan tropis. Ukuran stomata yang besar memungkinkan pertukaran gas berlangsung cepat meskipun kadar air di udara cukup tinggi, sedangkan epidermis yang tebal melindungi daun dari kerusakan mekanis atau serangan patogen.

Letak stomata pada sel epidermis yaitu, stomata dikelilingi oleh 2 sel tetangga sejajar pada setiap sisi kanan dan kiri yang merupakan sel epidermis khusus yang disebut sel penjaga. Menurut Salisbury dan Ross (1995), jumlah dan susunan sel tetangga ditentukan oleh suku tumbuhan tersebut. Tumbuhan yang bertulang daun menyirip seperti pada dikotil, stomata tersebar sedangkan daun dengan pertulangan sejajar seperti Poaceae, stomatanya berderet sejajar. Arah membuka sel penutup stomata sejajar terhadap sel tetangga. Bentuk stomata daun puring yaitu berbentuk ginjal dan mempunyai tipe parasitik (Woelaningsih, 2001). Menurut Nugroho et al. (2006) bahwa tipe parasitik adalah sel penutup diiringi sebuah sel tetangga atau lebih dengan sumbu panjang sel tetangga sejajar dengan sumbu sel penutup dan celah.

Sementara itu, daun jarak pagar (gambar 2c) memiliki struktur epidermis yang lebih sederhana dengan susunan sel yang teratur. Stomata bertipe anomositik pada daun ini memiliki distribusi yang merata, dengan ukuran yang lebih kecil dibandingkan daun puring dan pakis giwang. Adaptasi ini mencerminkan kemampuan tanaman untuk mengatur keseimbangan air di lingkungan yang panas dan kering. Dengan stomata yang lebih sedikit dan epidermis yang kokoh, daun jarak pagar mampu mempertahankan efisiensi transpirasi sekaligus melindungi jaringan dalam daun dari kehilangan air yang berlebihan akibat radiasi matahari. Hal ini penting untuk tanaman seperti jarak pagar yang sering ditemukan di lingkungan dengan kondisi lingkungan ekstrem. Letak stomata pada sel epidermis yaitu stomata dikelilingi oleh 2 sel tetangga yang merupakan sel epidermis khusus yang mengelilingi stomata. Menurut Fahn (1991), sel tetangga biasanya berasal dari sel protoderm yang berbatasan dengan sel induk stomata. Arah membuka stomata yaitu sejajar terhadap sel tetangga. Bentuk stomata yaitu berbentuk ginjal dan memiliki tipe parasitik. Ketiga irisan memanjang daun jenis puring (*Codiaeum variegatum*) anggota marga *Codiaeum*, pakis giwang (*Euphorbia milii*) anggota marga *Euphorbia* dan jarak pagar (*Jatropha curcas*) anggota marga *Jatropha* stomatanya tersebar.



Gambar 3. Analisis statistik SPSS 21 pada instrument pada pelaksanaan praktikum struktur dan fungsi sel (a) Hasil uji coba instrument penilain produk (b) Hasil Uji coba Instrumen Penilaian Kinerja Produk (Budhiwaluyo et al., 2016)

Gambar 3 menunjukkan hasil analisis statistik menggunakan SPSS 21 terhadap dua jenis instrumen yang digunakan dalam praktikum, yaitu instrumen penilaian produk (Gambar 3a) dan instrumen penilaian kinerja produk (Gambar 3b). Data ini menunjukkan bagaimana kedua instrumen tersebut dinilai berdasarkan tanggapan peserta uji coba dalam konteks praktikum struktur dan fungsi sel. Pembahasan ini akan menguraikan setiap aspek analisis data secara terperinci dan memberikan interpretasi mendalam untuk masing-masing hasil. Pada Gambar 3a, hasil menunjukkan bahwa mayoritas responden

memberikan penilaian "Baik" terhadap instrumen penilaian produk, yaitu sebesar 60,7%. Persentase ini menunjukkan bahwa lebih dari separuh responden merasa bahwa instrumen ini mampu memenuhi fungsi dasarnya dalam mengevaluasi hasil produk yang dihasilkan oleh peserta praktikum. Instrumen ini dianggap mampu mengukur aspek-aspek penting dari produk praktikum dengan cara yang objektif, akurat, dan mudah dipahami oleh pengguna. Sebanyak 25% responden memberikan penilaian "Sangat Baik" terhadap instrumen ini. Penilaian ini menunjukkan tingkat kepuasan yang lebih tinggi terhadap keandalan dan kualitas instrumen dalam mendukung proses evaluasi produk. Responden yang menilai "Sangat Baik" mungkin merasa bahwa instrumen ini telah dirancang dengan sangat baik dan sesuai untuk mengukur parameter produk secara spesifik.

Namun, terdapat 14,3% responden yang memberikan penilaian "Tidak Baik." Angka ini mengindikasikan bahwa terdapat sejumlah kecil responden yang merasa bahwa instrumen penilaian produk ini kurang efektif atau memerlukan perbaikan lebih lanjut. Tidak ada responden yang memberikan penilaian "Sangat Tidak Baik" (0%), yang mengindikasikan bahwa meskipun terdapat beberapa kelemahan, instrumen ini tidak dianggap sepenuhnya tidak layak digunakan.

- Aspek Positif: Proporsi besar responden yang memberikan penilaian "Baik" dan "Sangat Baik" menunjukkan bahwa instrumen ini sudah cukup memadai dalam mendukung evaluasi hasil produk. Desain kriteria yang jelas dan spesifik mungkin menjadi faktor utama yang membuat sebagian besar responden puas dengan instrumen ini.
- Aspek Negatif: Penilaian "Tidak Baik" yang diberikan oleh sebagian kecil responden mungkin menunjukkan adanya beberapa kelemahan, seperti kurangnya kejelasan dalam kriteria penilaian, kompleksitas instrumen, atau kesulitan dalam penggunaannya selama praktikum. Masukan dari kelompok ini dapat digunakan untuk memperbaiki instrumen di masa mendatang.

Pada Gambar 3b, hasil uji coba instrumen penilaian kinerja produk menunjukkan hasil yang sangat positif. Mayoritas responden (67,8%) memberikan penilaian "Baik," yang menunjukkan bahwa instrumen ini dianggap cukup memadai untuk mengevaluasi kinerja peserta praktikum dalam menghasilkan produk. Penilaian "Baik" yang mendominasi ini mencerminkan bahwa kriteria yang digunakan dalam instrumen ini telah sesuai dengan kebutuhan praktikum. Sebanyak 32% responden memberikan penilaian "Sangat Baik." Penilaian ini lebih tinggi dibandingkan hasil uji coba pada instrumen penilaian produk (25%). Hal ini mungkin menunjukkan bahwa instrumen penilaian kinerja produk dirancang dengan lebih baik, lebih spesifik, atau lebih relevan terhadap tujuan praktikum. Responden yang memberikan penilaian "Sangat Baik" mungkin merasa bahwa instrumen ini memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai kinerja peserta selama praktikum. Seperti pada Gambar 3a, tidak ada responden yang memberikan penilaian "Tidak Baik" atau "Sangat Tidak Baik" (0%), yang menunjukkan bahwa instrumen ini diterima dengan sangat baik oleh semua responden. Tidak adanya penilaian negatif ini menjadi indikator kuat bahwa instrumen penilaian kinerja produk telah memenuhi standar kualitas yang diharapkan.

- Aspek Positif: Proporsi responden yang memberikan penilaian "Sangat Baik" lebih tinggi dibandingkan instrumen penilaian produk. Hal ini menunjukkan bahwa peserta merasa bahwa instrumen ini dirancang dengan lebih baik dalam mengevaluasi aspek kinerja selama proses praktikum. Kejelasan instrumen, kesesuaian kriteria penilaian, dan relevansi terhadap konteks praktikum menjadi faktor utama keberhasilan instrumen ini.
- Aspek Negatif: Meskipun tidak ada responden yang memberikan penilaian negatif,

instrumen ini tetap dapat ditinjau lebih lanjut untuk memastikan bahwa tidak ada aspek yang terlewat dalam mengevaluasi kinerja peserta praktikum.

Dari hasil analisis di atas, terdapat beberapa perbedaan mencolok antara hasil uji coba kedua instrumen, yaitu penilaian produk dan penilaian kinerja produk. Penilaian "Baik" dan "Sangat Baik": Persentase penilaian "Sangat Baik" pada instrumen penilaian kinerja produk (32%) lebih tinggi dibandingkan penilaian produk (25%). Hal ini menunjukkan bahwa instrumen penilaian kinerja produk lebih unggul dalam hal penerimaan responden. Konsistensi Positif Kedua instrumen tidak menerima penilaian "Sangat Tidak Baik," yang menunjukkan bahwa keduanya sudah memenuhi standar minimum yang diharapkan. Namun, penilaian "Tidak Baik" yang muncul pada instrumen penilaian produk (14,3%) menunjukkan adanya ruang untuk perbaikan yang lebih besar dibandingkan instrumen penilaian kinerja produk. Instrumen penilaian kinerja produk menunjukkan hasil yang lebih konsisten dibandingkan penilaian produk, karena mayoritas responden memberikan penilaian positif tanpa adanya penilaian negatif.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengkaji morfologi epidermis dan stomata pada berbagai jenis tumbuhan serta implikasinya dalam pendidikan biologi. Hasilnya menunjukkan bahwa struktur epidermis dan stomata bervariasi antar spesies tumbuhan, mencerminkan adaptasi terhadap lingkungan. Misalnya, tanaman epifit seperti anggrek berhasil mengurangi kehilangan air melalui stomata yang jarang, sementara vanili memiliki stomata lebih banyak untuk mendukung transpirasi di lingkungan lembap. Tanaman seperti puring dan pakis giwang berhasil meningkatkan efisiensi pertukaran gas dengan stomata besar dan banyak, sedangkan jarak pagar berhasil mempertahankan keseimbangan air melalui struktur stomata sederhana yang terdistribusi merata. Penelitian ini juga berhasil menunjukkan pentingnya pendekatan ilmiah dan evaluasi autentik untuk meningkatkan pemahaman siswa. Pengembangan instrumen penilaian berhasil memberikan alat evaluasi yang lebih valid dan reliabel dalam menilai keterampilan praktikum siswa. Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil menghubungkan studi morfologi tumbuhan dengan pembelajaran berbasis praktik untuk meningkatkan kualitas pendidikan biologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anu, S., Sutrisno, S. dan Harmanto. 2017. Studi Struktur Sel Epidermis dan Stomata pada Beberapa Tumbuhan Suku Euphorbiaceae. *Jurnal Biologi Tropika*, 5(3), 45-54.
- Budiwaluyo, N., Asyhar, R. dan Hariyadi, B. 2016. Pengembangan Instrumen Penilaian Kinerja pada Praktikum Struktur dan Fungsi Sel di SMA Negeri 1 Kota Jambi. *Jurnal MIPA Unsrat*, 6(1), 69-73.
- Fahn, A. 1991. *Plant Anatomy* (3rd ed.). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Richey, R. C. 2011. *The Instructional Design Knowledge Base: Theory, Research, and Practice*. New York: Routledge.
- Rompas, Y., Rampe, H. L. dan Rumondor, M. J. 2011. Struktur Sel Epidermis dan Stomata Daun Beberapa Tumbuhan Suku Orchidaceae. *Jurnal Bioslogos*, 1(1), 13-19.
- Salisbury, F. B. dan Ross, C. W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan* (Vol. 1). Bandung: Institut Teknologi Bandung (ITB).
- Woelaningsih, S. 2001. *Struktur dan Perkembangan Tumbuhan II*. Yogyakarta: Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada (UGM).