(cc) BY
Copyright © 2026 pada penulis
***Madaniya*, Vol. 7, No. 4, November 2026**

Pelatihan Teknik Impresi Epidermis Daun (*Leaf Microprint Technique*) Sebagai Inovasi Pembelajaran Sains untuk bagi Guru Biologi SMA Kabupaten Takalar

Hartono [1], Yusnaeni Yusuf [2]*, Muhiddin Palennari [3], Oslan Jumadi [4], Saparuddin [5], Anita Hilmiah Hatta [6], Nabila Aqmarina [7], Ni Made Rianti [8], Djumarirmanto [9], Imamul Hak [10]

[1–9] Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar
[10] Jurusan Sosiologi Agama, Fakultas Ushuluddin dan Filsafat, UIN Alauddin Makassar

* yusnaeni.yusufunm.ac.id

Abstrak

Pelatihan teknik *Leaf Microprint* dilaksanakan untuk memperkuat keterampilan mikroskopis guru Biologi dalam mengamati struktur epidermis dan stomata daun. Kegiatan dilaksanakan melalui Program Kemitraan Masyarakat (PKM) Pendanaan PNBP 2026 Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Makassar bersama MGMP Biologi SMA Kabupaten Takalar pada 7 Juli 2026, dengan melibatkan 15 guru Biologi. Metode kegiatan meliputi penyampaian materi, demonstrasi, praktik pengoperasian mikroskop, pembuatan preparat *Leaf Microprint*, pengamatan dan dokumentasi mikroskopis, serta diskusi penerapannya dalam pembelajaran. Evaluasi mencakup enam aspek, yaitu keterlibatan peserta, pengoperasian mikroskop, pembuatan *Leaf Microprint*, kualitas preparat, pengamatan dan dokumentasi mikroskopis, serta pemanfaatannya dalam pembelajaran. Hasil menunjukkan capaian masing-masing sebesar 90%, 90%, 73%, 68%, 80%, dan 82%, dengan rata-rata 80,5% berkategori baik. Capaian terendah pada kualitas preparat menunjukkan perlunya pendampingan dan latihan teknis berkelanjutan. Kegiatan ini menunjukkan bahwa teknik *Leaf Microprint* berpotensi menjadi metode praktikum sederhana dan kontekstual untuk menghubungkan struktur epidermis dan stomata dengan fungsi tumbuhan serta kondisi lingkungan.

Kata kunci: *leaf microprint, mikroskop, guru biologi, stomata, pembelajaran biologi*

Pendahuluan

Pembelajaran Biologi pada jenjang sekolah menengah tidak hanya menuntut penguasaan konsep, tetapi juga kemampuan menghubungkan konsep dengan bukti empiris melalui kegiatan pengamatan dan praktikum. Mikroskop memiliki posisi penting dalam proses tersebut karena memungkinkan struktur biologis yang tidak tampak oleh mata dapat diamati secara konkret. Penggunaan mikroskop dalam pembelajaran dengan demikian bukan sekadar keterampilan instrumental, tetapi bagian dari keterampilan proses sains yang mencakup mengamati, membandingkan, menganalisis, mendokumentasikan, dan menginterpretasikan objek biologis. Pelatihan mikroskop bagi

pendidik juga dilaporkan dapat memperkuat kompetensi laboratorium ketika teori dipadukan dengan demonstrasi dan praktik langsung (Hartono et al., 2025; Nurtamara et al., 2024).

Permasalahan penggunaan mikroskop di lingkungan pendidikan tidak selalu terletak pada ketersediaan alat. Guru juga memerlukan pengalaman untuk mengoperasikan alat secara benar, menyiapkan objek pengamatan, memperoleh citra yang jelas, dan mengintegrasikan hasil pengamatan ke dalam pembelajaran. Studi pengabdian sebelumnya menunjukkan bahwa keterbatasan pengalaman praktik dapat menyebabkan pemanfaatan mikroskop dalam pembelajaran belum optimal (Samiyarsih et al., 2024; Wiloso, 2023). Pelatihan penggunaan mikroskop binokuler dan trinokuler juga menunjukkan pentingnya pengalaman langsung dalam membangun keterampilan pengamatan objek biologis (Azizah et al., 2025). Karena itu, intervensi yang memadukan pengenalan alat, praktik, dan konteks pembelajaran menjadi relevan bagi pengembangan kompetensi guru.

Pada sisi lain, anatomi tumbuhan menyediakan objek yang relatif mudah diperoleh dari lingkungan sekitar untuk pembelajaran mikroskopis. Epidermis daun dan stomata merupakan contoh objek yang dapat digunakan untuk menghubungkan struktur dengan fungsi. Stomata berperan dalam pertukaran gas dan pengaturan kehilangan air, sedangkan karakter kerapatan dan distribusinya berkaitan dengan perkembangan daun serta respons tumbuhan terhadap kondisi lingkungan (Sack & Buckley, 2016; Xu & Zhou, 2008; Pathare et al., 2020). Konteks ini memungkinkan kegiatan praktikum bergerak dari sekadar mengenali bentuk menjadi aktivitas analitis yang menghubungkan struktur, fungsi, dan lingkungan.

Teknik impresi epidermis atau *stomatal printing* menawarkan pendekatan sederhana untuk memperoleh cetakan permukaan daun tanpa memerlukan pembuatan irisan jaringan yang kompleks. Prinsipnya adalah membentuk cetakan negatif permukaan epidermis dengan bahan transparan, membiarkannya mengering, melepaskan cetakan, kemudian menempatkannya pada kaca objek untuk diamati dengan mikroskop. Teknik tersebut dapat digunakan untuk mengamati sel penutup, sel tetangga, dan karakter stomata (Weyers & Johansen, 1985; Hartono et al., 2025). Pengembangan hasil pengamatan menjadi e-atlas struktur epidermis dan stomata juga menunjukkan bahwa data visual dari teknik impresi dapat diarahkan menjadi sumber belajar anatomi tumbuhan (Siti et al., 2025).

PKM yang dilaksanakan bersama MGMP Biologi SMA Kabupaten Takalar memanfaatkan pendekatan tersebut untuk memperkuat keterampilan mikroskopis guru. Proposal kegiatan secara khusus menempatkan keterbatasan keterampilan penggunaan mikroskop, pembuatan preparat, dan integrasi pengamatan mikroskopis dalam pembelajaran sebagai masalah yang perlu ditangani. Rancangan kegiatan mencakup penyampaian materi, demonstrasi, praktik penggunaan mikroskop, pembuatan preparat *Leaf Microprint*, pengamatan epidermis dan stomata, dokumentasi, dan pemanfaatan hasil pengamatan sebagai sumber belajar. Pendekatan ini konsisten dengan rekomendasi pelatihan berbasis praktik dan pengembangan pembelajaran IPA berbasis praktikum (Priyanka et al., 2025; Suprapto et al., 2018).

Kebaruan artikel ini terletak pada penggabungan pelatihan keterampilan mikroskopis dengan teknik *Leaf Microprint* sebagai teknik praktikum yang sederhana, kontekstual, dan berpotensi digunakan kembali dalam pembelajaran Biologi sekolah. Berbeda dari laporan pelatihan yang hanya menekankan pengoperasian mikroskop, kegiatan ini menilai secara terpisah keterampilan pembuatan teknik dan kualitas preparat, sehingga dapat menunjukkan bagian proses yang sudah dikuasai dan bagian yang masih membutuhkan pendampingan. Tujuan artikel adalah mendeskripsikan pelaksanaan pelatihan *Leaf Microprint* pada guru Biologi SMA Kabupaten Takalar, menganalisis capaian pada enam aspek keterampilan dan pemanfaatan, serta mendiskusikan implikasinya terhadap pembelajaran Biologi berbasis pengamatan.

Metode Pelaksanaan

Kegiatan dilaksanakan melalui Program Kemitraan Masyarakat (PKM) PNBP Tahun 2026 Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Makassar dengan mitra MGMP Biologi SMA Kabupaten Takalar. Kegiatan dilaksanakan pada 7 Juli 2026 dan melibatkan 15 orang guru Biologi sebagai peserta. Kesediaan MGMP sebagai mitra telah dinyatakan melalui Surat Nomor 27/MGMP-BIO/TKL/2026 tanggal 23 Februari 2026. Peserta mengikuti seluruh rangkaian kegiatan dan bekerja secara kolaboratif selama praktik.

Pelaksanaan menggunakan pendekatan teori–demonstrasi–praktik. Tahap pertama berupa penyampaian materi mengenai jenis dan bagian mikroskop, sistem optik dan mekanis, prinsip kerja, pengaturan pencahayaan, penggunaan objektif, pemfokusan, prosedur dasar penggunaan, keselamatan, dan perawatan. Tahap kedua berupa demonstrasi oleh tim pengabdi menggunakan mikroskop dan contoh bahan. Tahap ketiga berupa praktik pengoperasian mikroskop secara berkelompok, dilanjutkan dengan pembuatan preparat *Leaf Microprint*. Pada tahap preparasi, peserta menyiapkan permukaan daun, bahan transparan, kaca objek, dan peralatan pendukung; cetakan kemudian diposisikan untuk pengamatan. Tahap berikutnya adalah pengamatan epidermis dan stomata serta dokumentasi menggunakan perangkat digital.

Evaluasi dilakukan secara deskriptif berdasarkan enam aspek yang telah digunakan dalam laporan kemajuan, yaitu (1) keterlibatan peserta, (2) pengoperasian mikroskop, (3) pembuatan *Leaf Microprint*, (4) kualitas preparat, (5) pengamatan dan dokumentasi mikroskopis, dan (6) pemanfaatan dalam pembelajaran Biologi. Nilai capaian disajikan dalam persentase dan kategori sebagaimana data evaluasi kegiatan. Rata-rata dihitung dari keenam capaian aspek. Analisis dokumentasi foto digunakan sebagai bukti kualitatif untuk menggambarkan tahapan kegiatan dan bentuk keterlibatan peserta. Foto tidak digunakan untuk menghitung skor individual, sehingga interpretasi capaian kuantitatif tetap merujuk pada tabel evaluasi.



***Gambar 1**. Dokumentasi pelaksanaan pelatihan: (a) Pembukaan Kegiatan PKM; (b) Penyampaian materi dan demonstrasi; (c) preparasi dan pengamatan Leaf Microprint*

Hasil dan Pembahasan

Pelaksanaan dan Keterlibatan Peserta

Pelaksanaan kegiatan memperlihatkan pola pembelajaran yang bergerak dari pemahaman konsep menuju pengalaman langsung. Dokumentasi pada Gambar 1a menunjukkan peserta berada dalam situasi pembelajaran bersama, sedangkan Gambar 1b memperlihatkan penyampaian materi yang disertai demonstrasi mikroskop. Kehadiran mikroskop sebagai objek demonstrasi membuat penjelasan mengenai bagian dan fungsi alat dapat langsung dikaitkan dengan alat yang akan digunakan. Pola ini penting karena keterampilan mikroskopis sulit dibangun hanya melalui penjelasan verbal. Nurtamara et al. (2024) menekankan peran praktik langsung dalam pelatihan mikroskop, sementara

Hartono et al. (2025) menunjukkan bahwa kombinasi materi, demonstrasi, praktik, dan dokumentasi dapat mendukung kompetensi guru.

Nilai keterlibatan peserta mencapai 90% dan merupakan salah satu capaian tertinggi. Data ini selaras dengan dokumentasi foto yang memperlihatkan peserta terlibat dalam penyampaian materi, pengoperasian alat, diskusi kelompok, dan preparasi. Namun, foto merupakan bukti proses, bukan pengganti instrumen evaluasi. Karena itu, kesimpulan mengenai capaian keterlibatan tetap didasarkan pada hasil evaluasi, sedangkan foto memperkuat interpretasi bahwa kegiatan berlangsung secara partisipatif. Keterlibatan aktif juga relevan dengan pendekatan pelatihan berbasis praktikum yang mendorong guru mengalami sendiri prosedur yang kelak dapat diterapkan pada siswa (Priyanka et al., 2025).

Pengoperasian Mikroskop dan Pengamatan

Praktik pengoperasian mikroskop dilakukan setelah demonstrasi. Gambar 1c dan 1d memperlihatkan peserta menggunakan mikroskop secara langsung dan bekerja secara kolaboratif. Peserta melakukan pengamatan bergantian dan sebagian memanfaatkan perangkat digital untuk mendukung dokumentasi. Capaian pengoperasian mikroskop sebesar 90% menunjukkan bahwa keterampilan dasar penggunaan alat relatif lebih cepat dikuasai dibandingkan keterampilan pembuatan preparat. Temuan ini sejalan dengan pengalaman pelatihan mikroskop sebelumnya yang menunjukkan bahwa demonstrasi yang segera diikuti praktik dapat membantu peserta memahami pengaturan alat dan prosedur pengamatan (Hartono et al., 2025; Nurtamara et al., 2024).

Pemanfaatan perangkat digital selama pengamatan memiliki nilai pedagogis karena hasil observasi dapat ditampilkan kepada kelompok yang lebih besar, disimpan, dan digunakan kembali. Sugianto et al. (2019) menunjukkan kebutuhan media praktikum anatomi tumbuhan berbasis mikroskop digital dalam mendukung pembelajaran, termasuk dalam konteks *blended learning*. Dengan demikian, keterampilan pengoperasian mikroskop dalam kegiatan ini tidak berhenti pada kemampuan memperoleh citra, tetapi berpotensi menjadi dasar pengembangan bank gambar mikroskopis sekolah. Wiloso (2023) dan Samiyarsih et al. (2024) juga menunjukkan bahwa pengalaman praktik dan pengenalan alat menjadi bagian penting dalam penguatan kompetensi laboratorium.

Pembuatan *Leaf Microprint* dan Kualitas Preparat

Leaf Microprint merupakan komponen inti kegiatan. Gambar 1e dan 1f memperlihatkan peserta menyiapkan bahan dan kaca objek secara langsung. Teknik impresi bekerja dengan memperoleh cetakan permukaan epidermis menggunakan bahan transparan yang kemudian diletakkan pada kaca objek untuk diamati. Pendekatan ini relatif sederhana karena tidak memerlukan sayatan jaringan yang kompleks. Weyers dan Johansen (1985) telah menunjukkan kegunaan impresi permukaan untuk estimasi *aperture* stomata, sedangkan Hartono et al. (2025) menerapkan prinsip *stomatal printing* dalam pelatihan guru dan menghubungkannya dengan pengamatan menggunakan mikroskop.

Capaian pembuatan *Leaf Microprint* sebesar 73% berkategori cukup, sedangkan kualitas preparat sebesar 68% merupakan capaian terendah. Dua nilai ini memberikan informasi yang lebih spesifik daripada rata-rata keseluruhan karena menunjukkan bahwa penguasaan alat tidak otomatis berarti peserta sudah konsisten menghasilkan preparat

yang baik. Kualitas cetakan dipengaruhi oleh rangkaian tahapan yang saling berkaitan, termasuk pemilihan permukaan daun, ketepatan pengaplikasian bahan transparan, ketebalan lapisan, waktu pengeringan, teknik pelepasan, kebersihan kaca objek, dan posisi pemasangan cetakan. Kesalahan pada satu tahap dapat menurunkan kualitas citra epidermis atau stomata.

Temuan tersebut juga memiliki dasar pada literatur. Siti et al. (2025) memperlihatkan bahwa hasil pengamatan epidermis dan stomata dapat dikembangkan menjadi e-atlas, sehingga kualitas citra menjadi komponen penting ketika hasil praktikum diarahkan menjadi media belajar. Dalam konteks kegiatan ini, nilai 68% sebaiknya tidak ditafsirkan sebagai kegagalan program, tetapi sebagai indikator kebutuhan pendampingan teknis lebih lanjut. Pendekatan ini konsisten dengan pelatihan berbasis keterampilan, di mana prosedur yang memerlukan presisi membutuhkan pengulangan sampai peserta memperoleh hasil yang konsisten (Suprapto et al., 2018; Harefa et al., 2025).

Secara pedagogis, bagian ini justru menjadi temuan penting. Jika evaluasi hanya menggunakan satu skor rata-rata, kebutuhan spesifik peserta untuk memperbaiki kualitas preparat akan kurang terlihat. Pemisahan antara 'pembuatan teknik' dan 'kualitas preparat' memungkinkan tim menentukan strategi keberlanjutan secara lebih terarah, yaitu demonstrasi ulang, praktik terbimbing, pemberian contoh preparat berkualitas, pengulangan preparasi yang belum optimal, dan penyusunan panduan visual langkah kerja.

Pengamatan Stomata dan Hubungan Struktur–Fungsi–Lingkungan

Gambar 1b menunjukkan aktivitas pengamatan menggunakan mikroskop. Pada tahap ini, objek yang diamati dapat diarahkan untuk mengenali epidermis dan stomata serta mendiskusikan hubungan struktur dengan fungsi. Stomata merupakan struktur yang berperan dalam pertukaran gas dan pengaturan kehilangan air. Karakter stomata, termasuk kerapatan dan distribusinya, berkaitan dengan perkembangan daun dan respons terhadap lingkungan (Sack & Buckley, 2016). Xu dan Zhou (2008) menunjukkan hubungan karakter kerapatan stomata dengan status air daun dan fotosintesis, sedangkan Pathare et al. (2020) menempatkan karakter stomata sebagai salah satu aspek penting dalam adaptasi tumbuhan.

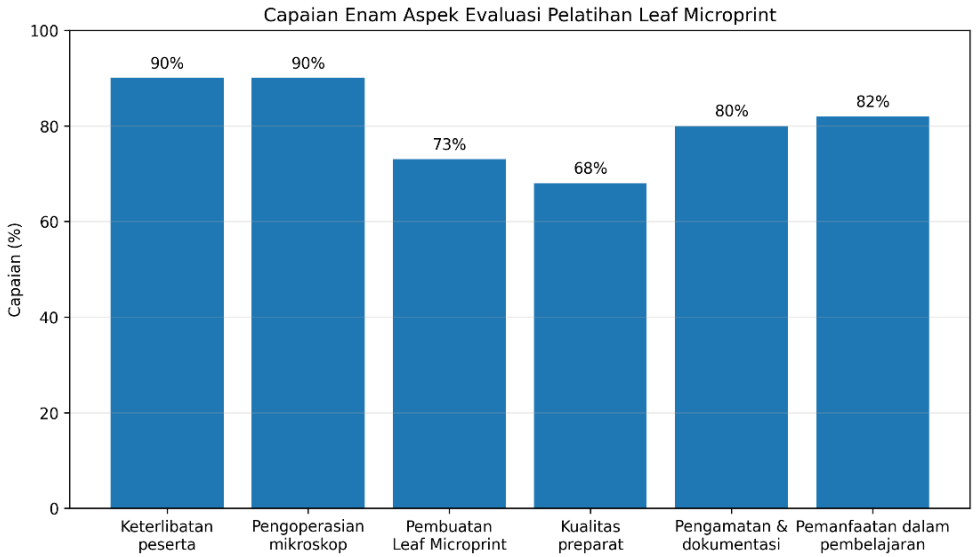
Implikasinya bagi pembelajaran adalah guru dapat mengubah kegiatan identifikasi menjadi pertanyaan investigatif. Misalnya, hasil *Leaf Microprint* dapat digunakan untuk membandingkan permukaan daun yang berbeda, mendiskusikan kemungkinan variasi kerapatan stomata, dan menghubungkannya dengan kondisi habitat atau fungsi pertukaran gas. Pendekatan semacam ini memperluas fungsi mikroskop dari alat untuk 'melihat objek' menjadi alat untuk membangun penalaran berbasis bukti. Azizah et al. (2025) menunjukkan pentingnya preparat anatomi sebagai media pembelajaran yang memungkinkan siswa mengamati struktur secara langsung, sedangkan Siti et al. (2025) menunjukkan peluang pengembangan hasil pengamatan menjadi sumber visual yang dapat digunakan kembali.

Dokumentasi Mikroskopis dan Pemanfaatan dalam Pembelajaran

Capaian pengamatan dan dokumentasi mikroskopis sebesar 80% berkategori baik. Dokumentasi foto memperlihatkan penggunaan perangkat digital bersama mikroskop,

yang memberi peluang untuk menyimpan hasil pengamatan sebagai bukti belajar. Kemampuan mendokumentasikan citra memiliki nilai tambah karena guru dapat menggunakannya kembali ketika mengajar materi anatomi dan fisiologi tumbuhan. Hartono et al. (2025) menekankan manfaat mikroskop digital dalam memperjelas visualisasi, dokumentasi, dan penjelasan kepada peserta; Sugianto et al. (2019) menguatkan kebutuhan media praktikum berbasis mikroskop digital.

Pemanfaatan teknik dalam pembelajaran memperoleh capaian 82% dan berkategori baik. Nilai ini menunjukkan bahwa peserta mulai melihat hubungan antara keterampilan laboratorium dan kebutuhan pembelajaran, bukan hanya menguasai prosedur teknis. *Leaf Microprint* menggunakan objek yang dekat dengan lingkungan sehingga dapat mendukung pembelajaran kontekstual. Guru dapat menggunakan daun dari lingkungan sekolah sebagai objek, meminta siswa membuat cetakan, mengamati epidermis dan stomata, mencatat hasil, kemudian mendiskusikan hubungan struktur dengan fungsi dan lingkungan. Priyanka et al. (2025) menekankan pentingnya pengembangan pembelajaran IPA berbasis praktikum, sementara temuan Siti et al. (2025) menunjukkan bahwa hasil pengamatan anatomi dapat dikembangkan menjadi media digital.



***Gambar 2**. Capaian enam aspek evaluasi kegiatan*

Secara keseluruhan, rata-rata capaian 80,5% berada pada kategori baik. Polanya menunjukkan dua kelompok kemampuan. Kelompok pertama adalah partisipasi dan pengoperasian alat yang memperoleh 90%, menunjukkan bahwa format teori–demonstrasi–praktik diterima dengan baik oleh peserta. Kelompok kedua adalah keterampilan yang memerlukan presisi preparasi, yaitu pembuatan *Leaf Microprint* (73%) dan kualitas preparat (68%). Pola tersebut memperlihatkan bahwa keberhasilan pelatihan tidak seharusnya dinilai hanya dari skor rata-rata, tetapi juga dari profil keterampilan setiap tahap. Temuan ini menjadi dasar untuk merancang pendampingan lanjutan yang lebih spesifik.

Jika dibandingkan dengan literatur pelatihan sebelumnya, kegiatan ini memiliki kesamaan dalam penggunaan pendekatan praktik langsung, tetapi memberikan

penekanan tambahan pada pemisahan capaian proses pembuatan dan kualitas produk preparat. Hartono et al. (2025) menunjukkan bahwa pelatihan mikroskop yang memadukan teori, praktik, *stomatal printing*, dan mikroskop digital dapat memperkuat kompetensi guru. Nurtamara et al. (2024), Azizah et al. (2025), dan Samiyarsih et al. (2024) juga menunjukkan pentingnya pengalaman langsung dalam penggunaan mikroskop dan preparat. Hasil PKM Takalar memperluas pendekatan tersebut dengan menempatkan kualitas *Leaf Microprint* sebagai titik evaluasi yang perlu diperbaiki secara berulang.

Kesimpulan

Pelatihan teknik *Leaf Microprint* bersama MGMP Biologi SMA Kabupaten Takalar yang melibatkan 15 guru terlaksana melalui tahapan materi, demonstrasi, praktik mikroskop, pembuatan *Leaf Microprint*, pengamatan, dokumentasi, dan diskusi pemanfaatan dalam pembelajaran. Enam aspek evaluasi menghasilkan capaian 90% untuk keterlibatan peserta, 90% untuk pengoperasian mikroskop, 73% untuk pembuatan *Leaf Microprint*, 68% untuk kualitas preparat, 80% untuk pengamatan dan dokumentasi mikroskopis, serta 82% untuk pemanfaatan dalam pembelajaran Biologi, dengan rata-rata 80,5% berkategori baik. Kegiatan memperlihatkan bahwa keterampilan pengoperasian mikroskop relatif lebih mudah dikuasai, sedangkan pembuatan dan kualitas preparat memerlukan latihan lebih intensif. *Leaf Microprint* berpotensi digunakan sebagai teknik praktikum sederhana untuk menghubungkan struktur epidermis dan stomata dengan fungsi tumbuhan dan respons lingkungan. Pendampingan berikutnya perlu difokuskan pada konsistensi kualitas preparat, dokumentasi hasil, dan penerapan teknik dalam pembelajaran di sekolah anggota MGMP.

Ucapan Terimakasih

Tim pengabdi menyampaikan terima kasih kepada Universitas Negeri Makassar, LP2M UNM, Jurusan Biologi FMIPA UNM, dan MGMP Biologi SMA Kabupaten Takalar atas dukungan, koordinasi, partisipasi, dan kerja sama dalam pelaksanaan Program Kemitraan Masyarakat (PKM) PNBP Tahun 2026.

Referensi

Azizah, A., Anwar, K., Habibi, A. R., Fathia, M., Winanda, W., & Berlyansah, A. (2025). Pelatihan penggunaan mikroskop binokuler dan trinokuler pada siswa SMA di Kota Batam. *Community Development Journal, 6*(4), 5379–5383.

Gazali, E. M., Ningsih, S., Yusrizal, Y., & Yusniawati, Y. (2025). Pelatihan pengenalan mikroskop bagi mahasiswa Prodi Pendidikan Biologi. PKM Report, Universitas Nahdlatul Wathan Mataram.

Harefa, A., Zalukhu, L., Mendrofa, Y., & Laoli, T. (2025). Pelatihan penggunaan mikroskop untuk identifikasi sel dan jaringan di SMP Negeri 3 Sogae'adu Kabupaten Nias. PKM Report, Universitas Nias Raya.

Hartono, H., Palennari, M., Faisal, F., Amboupe, D. S., & Yusuf, Y. (2025). Pelatihan integrasi mikroskop sebagai strategi meningkatkan literasi sains dan kompetensi

guru sekolah. *Madaniya, 6*(4), 3218–3227. https://madaniya.biz.id/journals/contents/article/view/1576

Nurtamara, L., Amintarti, S., Ajizah, A., Irianti, R., & Widiyastuti, D. A. (2024). Pelatihan penggunaan mikroskop cahaya bagi mahasiswa Pendidikan Biologi FKIP ULM dengan menggunakan preparat segar. *Kayuh Baimbai: Jurnal Pengabdian Masyarakat, 1*(2), 46–50.

Pathare, V. S., Koteyeva, N. K., & Cousins, A. B. (2020). Stomatal density and its adaptive significance in plants. *Plants, 9*(4), 467.

Priyanka, L., Selamat, I. N., & Yuliana, I. (2025). Pelatihan dan bimbingan teknis pengembangan pembelajaran IPA berbasis praktikum. *Jurnal Widya Laksana, 14*(1), 105–113.

Samiyarsih, S., Juwarno, Aryani, R. D., & Lestari, S. (2024). Pelatihan pembuatan preparat anatomi tumbuhan sebagai model pembelajaran dan penggunaan mikroskop bagi siswa SMP Boarding School Putra Harapan Purwokerto. *Prosiding PKM, Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman.*

Siti, M. Y. G., Missa, H., Ndukang, S., & Djalo, A. (2025). Pengembangan E-Atlas struktur sel epidermis dan stomata daun Lantana camara L. sebagai media pembelajaran. *Jurnal Media Informatika Budidarma (JUMIN), 6*(2), 1321–1331.

Sugianto, S., Fitriani, A., Anggraeni, S., & Setiawan, W. (2019). Kebutuhan media praktikum anatomi tumbuhan berbasis mikroskop digital sistem blended learning. *Jurnal Bio Educatio, 4*(1), 52–56.

Suprapto, P. K., Ali, M., & Nuryadin, E. (2018). Pelatihan penggunaan dan pemeliharaan mikroskop bagi guru-guru IPA Madrasah Tsanawiyah (MTs) di wilayah Kabupaten Tasikmalaya 2018. *Jurnal Pengabdian Siliwangi, 4*(1), 43–50.

Weyers, J. D. B., & Johansen, L. G. (1985). Accurate estimation of stomatal aperture from silicone rubber impressions. *New Phytologist, 101*(1), 109–115.

Wiloso, D. A. (2023). Pelatihan pengenalan dasar mikroskop polarisasi bagi siswa Praktek Kerja Lapangan (SMKN 2 Depok) di Laboratorium Sumber Daya Mineral, IST AKPRIND Yogyakarta. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia (JAMSI), 3*(4), 1225–1232. https://doi.org/10.54082/jamsi.840

Xu, Z., & Zhou, G. (2008). Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. *Journal of Experimental Botany, 59*(12), 3317–3325.