



Studi Kasus: Minimnya Pembelajaran Berbasis Eksperimen pada Mata Pelajaran Biologi di SMA Nahdlatul Ulama Padangsidimpuan

Adinda Fadillah¹, Venna Marshaulina Sihombing², Syakilah K. Fahmi Panggabean³, Widya Arwita⁴, Aswarina Nasution⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Pendidikan Biologi Bilingual, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Medan, Indonesia

Jl. Willem Iskandar Psr.V medan Estate, Medan, Indonesia, 20221.

E-mail: adindafadillah02@gmail.com¹, sihombingvenna02@gmail.com², syakilahkurniafahmi@gmail.com³, widyaarwita@unimed.ac.id⁴, aswarinanasution87@gmail.com⁵

Abstract. *This study aims to examine the problem of the lack of implementation of experiment-based learning in Biology subjects at SMA Nahdlatul Ulama Padangsidimpuan. The method used is descriptive qualitative with a case study approach, with data collection through interviews with Biology teachers and literature studies. The results showed that limited laboratory facilities, lack of practicum tools and materials, and limited learning time allocation were the main obstacles in the implementation of practicum. Although teachers realize the importance of experimental activities in improving students' understanding and science process skills, structural support from schools is still very limited. In response to these obstacles, several alternatives such as the utilization of virtual laboratories, the use of experimental videos, and simple experiments based on local resources have been attempted. This research recommends strengthening educational policies that support practicum-based learning through the provision of adequate infrastructure, continuous training for teachers, and development of alternative learning media. Thus, Biology learning can be more effective in fostering students' scientific skills and critical thinking according to the demands of the 21st century.*

Keywords: *Experimental Based-Learning, Biology Practicum, Science Process Skills, Laboratory, Secondary Education*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji permasalahan minimnya implementasi pembelajaran berbasis eksperimen dalam mata pelajaran Biologi di SMA Nahdlatul Ulama Padangsidimpuan. Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi kasus, dengan pengumpulan data melalui wawancara kepada guru Biologi serta studi literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterbatasan fasilitas laboratorium, kurangnya alat dan bahan praktikum, serta alokasi waktu pembelajaran yang terbatas merupakan hambatan utama dalam pelaksanaan praktikum. Meskipun guru menyadari pentingnya kegiatan eksperimen dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan proses sains siswa, dukungan struktural dari sekolah masih sangat terbatas. Sebagai respons terhadap kendala tersebut, beberapa alternatif seperti pemanfaatan laboratorium virtual, penggunaan video eksperimen, serta eksperimen sederhana berbasis sumber daya lokal telah diupayakan. Penelitian ini merekomendasikan penguatan kebijakan pendidikan yang mendukung pembelajaran berbasis praktikum melalui penyediaan sarana-prasarana yang memadai, pelatihan berkelanjutan bagi guru, dan pengembangan media pembelajaran alternatif. Dengan demikian, pembelajaran Biologi dapat lebih efektif dalam menumbuhkan keterampilan ilmiah dan berpikir kritis siswa sesuai tuntutan abad ke-21.

Kata Kunci: Pembelajaran Berbasis Eksperimen, Praktikum Biologi, Keterampilan Proses Sains, Laboratorium, Pendidikan Menengah

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia pendidikan modern, desain pembelajaran memainkan peran yang sangat penting sebagai landasan fundamental dalam seluruh proses penyampaian konten kepada siswa. Desain instruksional tidak hanya terkait dengan pembuatan rencana pelajaran atau kurikulum, tetapi juga melibatkan proses yang sistematis dan berkelanjutan untuk menganalisis kebutuhan belajar siswa, merumuskan tujuan pembelajaran yang jelas dan terukur, menentukan konten atau materi pembelajaran yang tepat, dan mengevaluasi efektivitas strategi dan metode

pembelajaran yang digunakan. Dengan kata lain, desain instruksional merupakan landasan utama yang digunakan guru untuk mengarahkan pengelolaannya terhadap kegiatan belajar mengajar yang terorganisir dan bermakna.

Pada tingkat sekolah menengah, desain kurikulum harus mempertimbangkan secara mendalam berbagai aspek perkembangan siswa, baik secara kognitif maupun emosional dan psikologis. Masa remaja, sebagai masa transisi menuju dewasa, ditandai dengan perubahan signifikan dalam cara berpikir, emosi, dan interaksi sosial. Oleh karena itu, metode pembelajaran yang digunakan harus mampu menjawab kebutuhan dan karakteristik unik pada tahap perkembangan ini. Menurut Usman (2024), desain pembelajaran merupakan suatu rancangan terstruktur yang timbul dari serangkaian tahapan yang saling berkaitan, seperti analisis kebutuhan belajar siswa, penentuan indikator dan tujuan pembelajaran, pengembangan strategi dan metode pembelajaran yang tepat, pemilihan bahan ajar, serta pengembangan alat penilaian yang tepat.

Selanjutnya, di era penerapan kurikulum Merdeka saat ini, guru perlu berperan tidak hanya sebagai penyalur informasi, tetapi juga sebagai fasilitator yang kreatif dan inovatif untuk menciptakan lingkungan belajar yang merangsang dan menyenangkan serta mendorong keingintahuan dan keterampilan berpikir kritis siswa. Desain pembelajaran dalam konteks ini harus mampu memberikan kebebasan dan keleluasaan kepada siswa untuk mengeksplorasi, menggali pengetahuan secara mandiri, dan secara aktif mengembangkan pemahaman melalui berbagai metode yang bermakna.

Pendekatan yang efektif untuk mencapai tujuan ini adalah metode eksperimen, yaitu strategi pembelajaran berbasis pengalaman langsung yang menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam kegiatan belajar. Pendekatan ini tidak hanya memungkinkan instruktur untuk menyajikan materi dengan cara yang lebih menarik dan relevan, tetapi juga memberikan siswa kesempatan untuk berpartisipasi langsung dalam proses observasi, eksperimen, pengumpulan data, dan analisis hasil. Melalui kegiatan eksperiensial, siswa tidak hanya mendengar atau membaca informasi, tetapi juga mengalaminya dalam kehidupan nyata, sehingga pemahaman siswa terhadap materi menjadi lebih dalam dan lebih bertahan lama (Puspayani, 2019).

Lebih jauh lagi, telah ditunjukkan pula bahwa pendekatan eksperiensial melalui eksperimen dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih menyenangkan dan memotivasi, karena siswa terlibat dalam proses penemuan dan pemecahan masalah secara langsung di lapangan. Menurut De Rosari (2020), pembelajaran yang melibatkan pengalaman nyata memiliki dampak positif pada keterlibatan emosional dan kognitif siswa dalam proses

pembelajaran, selain memupuk tumbuhnya semangat kolaborasi, rasa ingin tahu, dan keberanian untuk menyampaikan ide dan mengeksplorasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Wulansari *et al.* (2025) menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran berbasis masalah (PBL) dengan metode eksperimen mampu meningkatkan hasil belajar siswa secara signifikan, karena proses pembelajaran dilakukan melalui kegiatan eksploratif yang mendorong siswa aktif menemukan konsep-konsep baru melalui pemecahan masalah. Lebih lanjut, Yeni Suryaningsih (2017) menyatakan bahwa metode pembelajaran praktik khususnya pada mata pelajaran biologi sangat efektif dalam mengembangkan keterampilan proses ilmiah siswa. Keterampilan ini mencakup kemampuan untuk membuat pengamatan akurat, mengklasifikasikan data ke dalam kategori tertentu, membuat interpretasi logis, merumuskan hipotesis, dan mengomunikasikan hasil secara ilmiah.

Dengan demikian, kegiatan eksperimen dalam pendidikan tidak hanya memberikan kontribusi untuk meningkatkan kemampuan kognitif dan psikomotorik siswa, tetapi juga berperan penting dalam pembentukan sikap ilmiah yang positif, seperti rasa ingin tahu yang besar, ketelitian dalam bekerja, sikap kritis terhadap informasi, dan rasa tanggung jawab dalam memecahkan masalah (Rahmi, 2024).

Pada desain ini, proses pembelajaran tidak hanya berfokus pada transfer pengetahuan dari guru ke siswa, tetapi lebih menekankan pada proses eksplorasi dan pemecahan masalah oleh siswa sendiri melalui kegiatan laboratorium atau eksperimen berbasis lingkungan. Selaras dengan hal tersebut, kajian yang dilakukan oleh Al-Hafidz *et al.* (2024) menegaskan bahwa pembelajaran biologi berbasis praktikum memiliki korelasi positif terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Praktikum memberikan kesempatan siswa untuk menerapkan konsep-konsep yang telah dipelajari dalam konteks nyata, menghadapi masalah nyata, serta mencari dan mengevaluasi solusi secara mandiri maupun kolaboratif. Ini mencerminkan esensi dari *inquiry-based learning* yang menjadi dasar dari desain eksperimen dalam pendidikan sains (Wulandari *et al.*, 2023).

Namun, kenyataannya di SMA Nahdlatul Ulama Padangsidempuan kegiatan praktikum biologi masih sangat minim. Berdasarkan observasi awal dan wawancara dengan beberapa guru dan siswa, keterbatasan fasilitas laboratorium, kurangnya alat dan bahan, serta alokasi waktu yang terbatas menjadi kendala utama. Hal ini menyebabkan pembelajaran biologi cenderung bersifat pasif dan teoritis, yang pada akhirnya berpotensi menurunkan minat dan pemahaman siswa terhadap materi biologi.

Minimnya praktikum juga berdampak pada kurang berkembangnya keterampilan proses sains pada siswa, seperti mengamati, mengklasifikasi, merumuskan hipotesis, dan

menginterpretasikan data. Padahal keterampilan ini sangat penting dalam menghadapi tantangan global abad ke-21, yang menuntut peserta didik tidak hanya mampu mengingat informasi, tetapi juga mampu menerapkannya dalam konteks nyata. Oleh karena itu, perlu adanya perancangan desain belajar berbasis eksperimen yang sesuai dengan kondisi sekolah dan kebutuhan siswa, khususnya dalam mata pelajaran biologi.

Berdasarkan latar belakang di atas bahwa guru dan sekolah belum mampu melaksanakan praktikum secara maksimal, dalam hal ini upaya yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan yang ada maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian Minimnya Pembelajaran Berbasis Eksperimen Pada Mata Pelajaran Biologi di SMA Nahdlatul Ulama Padangsidimpuan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi kasus, yang berfokus pada suatu permasalahan pada bidang Pendidikan Biologi yaitu minimnya penerapan pembelajaran berbasis eksperimen pada mata pelajaran Biologi di SMA Nahdlatul Ulama Padangsidimpuan. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara kepada guru Biologi. Selain itu, data pendukung diperoleh melalui studi literatur, yaitu dengan mengumpulkan berbagai sumber bacaan seperti buku, jurnal ilmiah, dan artikel yang relevan dengan pembelajaran berbasis eksperimen dalam pendidikan Biologi. Studi literatur ini bertujuan untuk memperkuat dasar teoritis serta memberikan gambaran dari hasil-hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik. Seluruh data yang diperoleh kemudian disusun dan dipilah sesuai dengan fokus pembahasan, lalu disajikan dalam bentuk uraian pada bagian hasil dan pembahasan dalam artikel ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan wawancara dengan guru biologi di SMA Nahdlatul Ulama Padangsidimpuan, diketahui bahwa latihan hanya dilakukan sekitar 2 atau 3 kali dalam satu semester. Hal ini tergantung pada mata pelajaran yang diajarkan, ketersediaan waktu, dan peralatan laboratorium. Meskipun guru menyadari pentingnya praktikum, keterbatasan fasilitas dan waktu menjadi kendala utama. Keadaan ini sesuai dengan hasil penelitian Rahmah *et al.* (2021) Pratiwi *et al.* (2022) yang menunjukkan bahwa kurangnya peralatan laboratorium menjadi kendala terbesar dalam pelaksanaan praktikum di sekolah menengah.

Guru juga menjelaskan bahwa praktikum membantu siswa memahami pelajaran. Siswa merasa lebih mudah memahami karena mereka dapat melihat langsung proses uji makanan. Hal

ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Dewi *et al.* (2023), yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis praktikum dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa karena melibatkan kegiatan praktis dan pengalaman kehidupan nyata.

Namun, penerapan praktikum ini melibatkan banyak tantangan, seperti keterbatasan peralatan dan bahan, waktu kelas yang singkat, dan jumlah siswa yang besar. Akibatnya, penerapan praktikum menjadi kurang optimal. Masalah jenis ini juga ditemukan di banyak sekolah, seperti yang dilakukan Rahmah *et al.* menjelaskan Rahmah *et al.* (2021), keterbatasan fasilitas dan manajemen yang tidak seimbang menjadi kendala dalam implementasi praktis. Laboratorium SMA Nahdlatul Ulama Padangsidempuan tidak digunakan secara teratur, biasanya hanya untuk beberapa mata pelajaran seperti mikroskop atau pengujian makanan. Untuk menyelenggarakan kegiatan praktis lebih sering, sekolah dan pemerintah perlu mendukung pembelian peralatan yang lebih lengkap dan memberikan pelatihan bagi guru. Sebagai solusinya, penggunaan laboratorium virtual dapat menjadi pilihan yang efektif. Penelitian oleh Rana *et al.* (2023) menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual dapat meningkatkan hasil belajar biologi siswa di MAS Muhammadiyah Nangahure. Laboratorium virtual memungkinkan simulasi kegiatan praktis tanpa memerlukan fasilitas fisik yang lengkap, sehingga mengatasi keterbatasan yang ada.

Berdasarkan hasil wawancara, teridentifikasi beberapa kendala utama yang dihadapi guru dalam menerapkan pembelajaran berbasis praktikum, yaitu keterbatasan alat dan bahan, alokasi anggaran sekolah yang minim, Bagaimana dukungan dari sekolah dalam menyediakan alat dan bahan praktikum dan waktu pembelajaran yang terbatas. Guru yang diwawancarai menyatakan bahwa dukungan sekolah untuk menyediakan alat dan bahan praktikum masih terbatas, terutama karena anggaran diprioritaskan untuk acara-acara besar seperti kompetisi. Selain itu, waktu pelajaran mingguan selama 90 menit sebagian besar digunakan untuk menyampaikan materi teori, sehingga hanya menyisakan sedikit waktu untuk praktikum. Sebagai solusinya, guru menugaskan eksperimen mandiri di rumah atau memanfaatkan simulasi praktikum digital (Ramadhani *et al.*, 2021).

Berdasarkan Jumrodah (2023) yang menyoroti bahwa salah satu hambatan utama dalam melaksanakan pembelajaran praktikum biologi adalah kurangnya fasilitas laboratorium dan waktu pembelajaran yang terbatas. Jurnal tersebut juga menekankan pentingnya pelatihan guru yang berkelanjutan dan pengembangan media pengajaran alternatif sebagai solusi. Hal ini sejalan dengan saran guru dalam wawancara, yang mencakup sesi pelatihan rutin, pendanaan khusus untuk alat praktikum, dan pengurangan beban administrasi sehingga guru dapat lebih fokus pada perencanaan kegiatan praktikum. Selain itu, strategi inovatif guru dalam

menggunakan barang-barang rumah tangga yang mudah didapat (misalnya, air kubis ungu sebagai indikator pH alami) didukung oleh jurnal tersebut sebagai contoh pendekatan pembelajaran lokal yang kaya akan sumber daya. Dengan demikian, wawancara ini memberikan perspektif praktis dan dunia nyata yang memperkuat temuan dalam literatur akademis tentang tantangan dan solusi pendidikan biologi (Lestari *et al.*, 2017).

Guru juga mengatakan bahwa ia memulai pembelajaran dengan teori di kelas, kemudian dilanjutkan dengan praktik atau demonstrasi sederhana jika memungkinkan. Dalam kondisi terbatas, guru menggunakan video eksperimen sebagai alternatif. Hal ini sejalan dengan temuan dalam jurnal “Analisis Kendala Guru dalam Pembelajaran Biologi” yang menunjukkan bahwa guru sering kali harus berinovasi dalam menyampaikan materi praktik karena keterbatasan sarana dan prasarana laboratorium. Menurut Kondisi ini mempersempit waktu dan kesempatan untuk menggunakan laboratorium secara optimal. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian dalam jurnal yang menunjukkan bahwa 65% guru menyatakan bahwa ketersediaan alat dan bahan di laboratorium sangat terbatas, sehingga sulit untuk melaksanakan praktikum biologi secara optimal.

Selanjutnya dari segi sarana dan peralatan, hasil wawancara menunjukkan bahwa jumlah mikroskop sangat terbatas dan tidak sebanding dengan jumlah siswa yang mencapai 36 orang per kelas. Hal ini menyebabkan tidak semua siswa dapat melakukan pengamatan secara langsung dan individual, sehingga mengurangi efektivitas pembelajaran eksperiensial. Dalam jurnal disebutkan bahwa idealnya praktikum harus melibatkan semua siswa secara aktif, namun pada kenyataannya keterbatasan alat menyebabkan siswa hanya menjadi penonton atau bekerja dalam kelompok besar, yang kurang efektif untuk pembelajaran Biologi.

Guru berupaya menyeimbangkan teori dan praktik dengan menyampaikan teori terlebih dahulu, baru kemudian dilanjutkan dengan kegiatan praktikum sederhana atau demonstrasi jika memungkinkan. Namun, keterbatasan sarana dan prasarana membuat guru harus mencari alternatif lain seperti penggunaan video eksperimen untuk membantu proses pembelajaran. Hal ini menunjukkan adanya upaya adaptasi pedagogis dalam menyikapi keterbatasan sarana pendidikan. Juraidah (2020) memaparkan bahwa keterbatasan peralatan laboratorium, minimnya bahan praktikum, dan minimnya dukungan kebijakan dari sekolah menjadi faktor penghambat utama dalam pelaksanaan praktikum biologi yang efektif. Guru akhirnya harus mengambil inisiatif sendiri agar siswa tetap memperoleh pengalaman praktik yang mendekati tujuan pembelajaran biologi dalam kurikulum. Guru dituntut untuk kreatif dalam mengembangkan media atau model pembelajaran alternatif sebagai pengganti praktikum secara langsung, terutama pada sekolah yang memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium.

Selain itu, belum adanya program atau kebijakan khusus dari sekolah untuk mendukung pemanfaatan laboratorium juga menjadi sorotan penting. Dalam wawancara, guru menyatakan bahwa pelaksanaan praktikum sangat bergantung pada inisiatif guru dan kebutuhan kurikulum. Hal ini menunjukkan kurangnya dukungan struktural dari sekolah. Jurnal juga menyoroti bahwa kebijakan sekolah yang mendukung, termasuk alokasi anggaran dan manajemen laboratorium yang baik, sangat menentukan keberhasilan pembelajaran biologi berbasis praktikum.

Dari uraian di atas, tampak adanya kesenjangan antara idealisme pelaksanaan praktikum biologi yang diharapkan dalam kurikulum dengan kenyataan di lapangan. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan perhatian serius dari pihak sekolah, antara lain penyediaan sarana dan prasarana yang memadai, pengembangan program kebijakan laboratorium, serta pelatihan dan pendampingan bagi guru agar mampu memaksimalkan pembelajaran biologi, baik secara teori maupun praktik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil wawancara dan kajian pustaka yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pelaksanaan pembelajaran berbasis eksperimen dalam mata pelajaran Biologi di SMA Nahdlatul Ulama Padangsidimpuan masih menghadapi berbagai kendala signifikan, seperti keterbatasan fasilitas laboratorium, alat dan bahan praktikum yang tidak mencukupi, alokasi waktu pembelajaran yang terbatas, serta belum adanya dukungan kebijakan khusus dari pihak sekolah. Meskipun guru menunjukkan upaya adaptif dengan menggunakan video eksperimen, demonstrasi sederhana, atau alat rumah tangga sebagai alternatif, pembelajaran praktikum belum dapat dilaksanakan secara maksimal. Padahal, seperti yang ditegaskan dalam jurnal Juraidah (2023) dan Rahmah *et al.* (2021), pembelajaran berbasis praktikum terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa, termasuk pengamatan, klasifikasi, interpretasi, dan berpikir kritis. Oleh karena itu, diperlukan dukungan konkret dari sekolah maupun pemerintah melalui penyediaan fasilitas yang memadai, pelatihan guru, serta pengembangan kebijakan pembelajaran berbasis praktikum agar tujuan pembelajaran biologi yang holistik dapat tercapai secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Al-hafidz, N. N. K., Fia, A., Zhafarah, A., & Suryanda, A. (2024). Pembelajaran biologi berbasis praktikum dan kemampuan berpikir kritis siswa: Sebuah kajian korelasi. *DIAJAR: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 3(1), 65–70. <https://doi.org/10.54259/diajar.v3i1.2250>

- De Rosari, F. J. (2020). Penerapan metode eksperimen untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada pelajaran biologi materi metabolisme sel dengan menggunakan percobaan Sach dan percobaan Ingenhouz di kelas XII IA1 SMA Negeri 2 Maumere. *Intelektiva: Jurnal Ekonomi, Sosial & Humaniora*, 1(12), 102–106.
- Dewi, R. M., Minarti, I. B., & Dzakiy, M. A. (2023). Efektivitas asesmen kinerja praktikum untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada pembelajaran biologi di sekolah menengah atas. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(1), 2054–2063. <https://doi.org/10.31004/jptam.v7i1.5523>
- Jumrodah, Meiana, N. A., Ashari, R., Awaluddin, A. M., Ajiza, P. D., Alía, R., Maharani, S., Karlina, S., & Anwar, M. S. (2023). Analisis hambatan guru dalam pembelajaran biologi berbasis praktikum di SMA. *Jurnal Penelitian Sains dan Pendidikan*, 3(1), 92–104. <https://doi.org/10.23971/jpsp.v3i1.5987>
- Lestari, D. D., Ansori, I., & Karyadi, B. (2017). Penerapan model PBM untuk meningkatkan kinerja dan kemampuan berpikir kritis siswa SMA. *Diklabio: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Biologi*, 1(1), 45–53. <https://doi.org/10.33369/diklabio.1.1.45-53>
- Pratiwi, A. D., Yuliyanti, D., & Hanafi, Y. (2022). Identifikasi hambatan pelaksanaan praktikum biologi dan alternatif solusinya di SMA Negeri 1 Pundong. Dalam *Seminar Nasional Hasil Pelaksanaan Program Pengenalan Lapangan Persekolahan* (hlm. 451–457). Universitas Ahmad Dahlan.
- Puspayani, D. N. (2019). Upaya peningkatan hasil belajar biologi materi pokok keunikan hutan hujan tropis melalui penerapan metode eksperimen. *Jurnal Pedagogi dan Pembelajaran (JP2)*, 2(1), 97–104.
- Rahmah, N., Iswadi, I., Asiah, A., Hasanuddin, H., & Syafrianti, D. (2021). Analisis kendala praktikum biologi di Sekolah Menengah Atas (Obstacles analysis of biology laboratory practice of high school). *Jurnal Biotik*, 7(2), 139–147.
- Rahmi, W. (2024). Analytical study of experiential learning: Experiential learning theory in learning activities. *EDUKASIA: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 5(2), 115–126. <https://doi.org/10.62775/edukasia.v5i2.1113>
- Ramadhani, P., Farma, S. A., Fuadiyah, S., & Yogica, R. (2021). Virtual laboratory as a step to maximize student skills. In *Integrasi Kurikulum Merdeka Belajar dalam Menghasilkan Produk Sains berbasis Kearifan Lokal* (Vol. 1, pp. 791–798). Prosiding SEMNAS BIO 2021, Universitas Negeri Padang. <https://doi.org/10.24036/prosemnasbio/vol1/102>
- Rana, Syafriati, Y. M., Sani, Y. M., & Solo, Y. D. (2023). Efektivitas penggunaan laboratorium virtual dalam meningkatkan hasil belajar biologi peserta didik MAS Muhammadiyah Nangahure. *Jurnal Penelitian Inovatif*, 3(3), 589–596. <https://doi.org/10.54082/jupin.232>
- Suryaningsih, Y. (2017). Pembelajaran berbasis praktikum sebagai sarana siswa untuk berlatih menerapkan keterampilan proses sains dalam materi biologi. *BIO EDUCATIO: The Journal of Science and Biology Education*, 2(2). <https://doi.org/10.31949/be.v2i2.759>

- Usman, A. (2024). *Perencanaan dan desain pembelajaran: Kunci inovasi dan kolaborasi pendidik*. Nafal Publishing.
- Wulandari, I. A., Mu'min, M. B., & Firdaus, M. G. (2023). Peningkatan keterampilan berpikir kritis (KBKr) melalui pembelajaran biologi berbasis keterampilan proses sains. *Jurnal BIOEDUIN*, 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.15575/bioeduin.v11i1.12081>
- Wulansari, E. T., Masrusoh, R., Muzammil, M. H., & Bektiarso, S. (2025). Analisis penerapan metode pembelajaran problem based learning (PBL) meningkatkan pemahaman siswa dalam pelajaran fisika. *Edukasi Elita: Jurnal Inovasi Pendidikan*, 2(1), 208–218. <https://doi.org/10.62383/edukasi.v2i1.1019>