
Pendampingan praktikum virtual IPA di MTs Alkhairaat Langaleso

Arda, Riswandi, Ardiansyah, Mirnawati, Indri Pratiwi, Widya Auliya

Program Studi Tadris Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, UIN Datokarama Palu, Indonesia

Penulis korespondensi : Arda

E-mail : arda@uindatokarama.ac.id

Diterima: 30 Mei 2026 | Direvisi: 11 Agustus 2026 | Disetujui: 12 Agustus 2026 | Online: 29 Agustus 2026

© Penulis 2026

Abstrak

Keterbatasan sarana dan prasarana laboratorium IPA di banyak sekolah berdampak pada minimnya pelaksanaan praktikum yang seharusnya menjadi komponen penting dalam pembelajaran. Kegiatan pengabdian ini bertujuan memberikan pendampingan praktikum virtual IPA kepada peserta didik MTs Alkhairaat Langaleso sebagai solusi atas keterbatasan fasilitas laboratorium fisik. Mitra sasaran adalah seluruh peserta didik Tahun Ajaran 2025/2026 yang terlibat dalam kegiatan praktikum virtual, dengan 25 peserta dipilih secara acak untuk evaluasi. Metode pelaksanaan meliputi tiga tahapan: persiapan, pelaksanaan pendampingan menggunakan platform PhET *Interactive Simulations* pada materi zat dan perubahannya, tekanan zat cair, serta listrik dinamis, dan evaluasi menggunakan angket respon berskala Likert. Hasil kegiatan menunjukkan respon sangat positif dengan skor rata-rata 3,31 dari skala 4,00. Aspek ketertarikan belajar mencapai kategori sangat baik (3,47), pemahaman materi kategori baik (3,19), motivasi belajar sangat baik (3,28), dan kemudahan penggunaan sangat baik (3,31). Kegiatan ini berhasil meningkatkan keterlibatan, pemahaman konseptual, dan motivasi belajar peserta didik, sekaligus membuktikan efektivitas praktikum virtual sebagai alternatif pembelajaran IPA di sekolah dengan keterbatasan infrastruktur laboratorium.

Kata kunci: praktikum virtual; PhET Interactive Simulations; pembelajaran IPA.

Abstract

The limited availability of science laboratory facilities and infrastructure in many schools has resulted in minimal practicum implementation, which should be an essential component of learning. This community service activity aims to provide virtual science practicum assistance to students at MTs Alkhairaat Langaleso as a solution to the limitations of physical laboratory facilities. The target partners were all students in the 2025/2026 Academic Year involved in virtual practicum activities, with 25 students randomly selected for evaluation. The implementation method included three stages: preparation, implementation of assistance using the PhET Interactive Simulations platform on materials related to substances and their changes, liquid pressure, and dynamic electricity, and evaluation using a Likert scale response questionnaire. The results showed a highly positive response with an average score of 3.31 out of 4.00. The learning interest aspect achieved an excellent category (3.47), material understanding in good category (3.19), learning motivation excellent (3.28), and ease of use excellent (3.31). This activity successfully increased student engagement, conceptual understanding, and learning motivation, while proving the effectiveness of virtual practicum as an alternative for science learning in schools with limited laboratory infrastructure.

Keywords: virtual practicum; PhET Interactive Simulations; science learning

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk di bidang pendidikan. Integrasi teknologi dalam pembelajaran tidak lagi menjadi pilihan, melainkan kebutuhan mendesak untuk meningkatkan kualitas pendidikan. Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) pada jenjang pendidikan menengah menekankan tidak hanya pada penguasaan konsep teoretis, tetapi juga pada pengembangan keterampilan proses ilmiah dan sikap ilmiah peserta didik melalui kegiatan praktikum (Dimas & Tyas, 2025; Ernawati et al., 2021; Syahrin et al., 2024). Praktikum merupakan komponen penting dalam pembelajaran IPA yang berfungsi memfasilitasi peserta didik memahami konsep sains melalui pengalaman empiris dan mengembangkan keterampilan proses ilmiah (Heradio et al., 2016; Mahdiannur, 2022). Namun demikian, pelaksanaan praktikum IPA di banyak sekolah menghadapi kendala serius berupa keterbatasan sarana dan prasarana laboratorium, yang berdampak pada minimnya aktivitas eksperimental dalam pembelajaran (Anjiana et al., 2025; Prayunisa & Marzuki, 2024). Keterbatasan infrastruktur laboratorium ini mengakibatkan perlunya solusi alternatif melalui pemanfaatan praktikum virtual berbasis simulasi digital, meskipun implementasinya masih terkendala oleh minimnya pemahaman dan keterampilan dalam penggunaan teknologi tersebut (Purwati et al., 2025).

Praktikum virtual merupakan inovasi pembelajaran berbasis teknologi yang menyediakan simulasi eksperimen melalui platform komputer atau perangkat digital, memungkinkan peserta didik melakukan kegiatan eksperimental secara interaktif tanpa bergantung pada ketersediaan peralatan laboratorium fisik (Astriani et al., 2021; Faresta et al., 2025; Pane et al., 2024). Teknologi ini menawarkan fleksibilitas akses tanpa batasan ruang dan waktu, memfasilitasi visualisasi konsep abstrak secara interaktif, serta menciptakan lingkungan belajar yang aman dan efisien (Kusdiastuti et al., 2016). Beberapa platform praktikum virtual yang telah dikembangkan dan dimanfaatkan secara luas dalam pembelajaran sains antara lain PhET Interactive Simulations dari University of Colorado, Labster yang menyediakan simulasi laboratorium tingkat lanjut, serta berbagai aplikasi Virtual Lab yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan kurikulum nasional. Platform-platform tersebut menyediakan beragam simulasi eksperimen IPA yang dapat diintegrasikan dalam proses pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman konseptual peserta didik (Bahtiar et al., 2022; Carrasco et al., 2025; Sapriati et al., 2023).

MTs Alkhairaat Langaleso merupakan satuan pendidikan Islam yang berlokasi di wilayah Langaleso, menyelenggarakan pendidikan tingkat menengah pertama dengan komitmen tinggi terhadap peningkatan mutu pembelajaran IPA. Observasi awal menunjukkan bahwa madrasah ini menghadapi kendala berupa keterbatasan peralatan praktikum IPA. Minimnya ketersediaan alat-alat praktikum menyebabkan kegiatan praktikum sangat jarang dilaksanakan. Kondisi ini berdampak pada terbatasnya pengalaman langsung peserta didik dalam melakukan eksperimen ilmiah yang seharusnya menjadi bagian integral dari pembelajaran IPA. Oleh karena itu, perlu dilakukan intervensi melalui pendekatan inovatif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran IPA dengan memanfaatkan teknologi digital.

Implikasi dari jarangya pelaksanaan praktikum bersifat multidimensional terhadap kualitas pembelajaran IPA. Motivasi belajar peserta didik mengalami penurunan karena pembelajaran yang kurang variatif dan menarik. Pemahaman konsep IPA cenderung dangkal dan berorientasi pada hafalan tanpa konstruksi pengetahuan yang mendalam tentang proses dan fenomena ilmiah. Keterampilan proses sains seperti kemampuan mengobservasi, mengukur, menganalisis data, dan menarik kesimpulan menjadi tidak terlatih secara optimal. Sikap ilmiah peserta didik seperti rasa ingin tahu, objektif, teliti, dan kritis sulit berkembang tanpa pengalaman langsung dalam melakukan investigasi ilmiah (Juhri, 2016; Sugiartini et al., 2024).

Berbagai studi empiris menunjukkan efektivitas praktikum virtual dalam meningkatkan kualitas pembelajaran IPA. Praktikum virtual mampu meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik dan memperkuat pemahaman konseptual melalui eksplorasi interaktif yang disertai umpan balik langsung dari sistem simulasi (Aspariga et al., 2024). Pendekatan blended learning yang mengombinasikan praktikum virtual dengan praktikum fisik untuk mencapai hasil pembelajaran optimal (Lestari et al., 2023). Temuan penelitian tersebut mengidentifikasi beberapa faktor penting yang menentukan

keberhasilan implementasi praktikum virtual, meliputi pendampingan pedagogis yang terstruktur, desain aktivitas pembelajaran yang jelas dan terarah, refleksi sistematis terhadap hasil eksperimen, serta integrasi yang koheren dengan komponen pembelajaran lainnya. Integrasi teknologi virtual dalam pembelajaran sains dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik dan pemahaman konseptual apabila dirancang dan difasilitasi secara tepat (Makransky et al., 2019). Praktikum virtual juga efektif dalam meningkatkan capaian pembelajaran sains, khususnya ketika dikombinasikan dengan pembelajaran tatap muka dan pendampingan yang terstruktur (Meronda et al., 2025).

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang berjudul "Pendampingan Praktikum Virtual IPA di MTs Alkhairaat Langaleso" dirancang untuk merespons permasalahan tersebut secara komprehensif dan berkelanjutan. Program ini bertujuan memberikan pengalaman praktikum bermakna kepada peserta didik meskipun dengan keterbatasan fasilitas laboratorium fisik, sekaligus mengembangkan literasi digital dan meningkatkan motivasi belajar IPA. Melalui pendampingan terstruktur dan berkelanjutan, peserta didik diharapkan dapat memanfaatkan teknologi praktikum virtual sebagai media pembelajaran yang interaktif, mudah diakses, relevan dengan konteks kurikulum, dan responsif terhadap tuntutan pembelajaran IPA di era digital. Program ini diharapkan tidak hanya memberikan solusi jangka pendek terhadap keterbatasan infrastruktur, tetapi juga membangun kapasitas jangka panjang dalam pemanfaatan teknologi pembelajaran di kalangan peserta didik dan pendidik di MTs Alkhairaat Langaleso.

METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan selama satu hari di MTs Alkhairaat Langaleso pada Tahun Ajaran 2025/2026. Sasaran kegiatan adalah peserta didik tingkat madrasah tsanawiyah yang selama ini mengalami keterbatasan dalam pelaksanaan praktikum IPA akibat minimnya fasilitas laboratorium. Seluruh peserta didik yang hadir mengikuti kegiatan pendampingan, sedangkan sebanyak 25 peserta didik dipilih secara acak untuk memberikan umpan balik melalui angket respon sebagai bahan evaluasi kegiatan.

Metode pelaksanaan kegiatan menggunakan pendekatan pendampingan pembelajaran berbasis praktikum virtual yang dilaksanakan melalui tiga tahapan utama, yaitu persiapan, pelaksanaan, serta evaluasi dan monitoring. Tahap persiapan, tim pengabdian melakukan koordinasi dengan pihak madrasah dan guru IPA untuk mengidentifikasi permasalahan pembelajaran, khususnya keterbatasan pelaksanaan praktikum. Identifikasi dilakukan melalui diskusi awal dengan guru serta observasi kondisi sarana pendukung pembelajaran. Selanjutnya tim menyusun perangkat pembelajaran, menentukan topik praktikum yang sesuai, memilih media praktikum virtual, serta menyusun instrumen evaluasi berupa angket respon peserta didik.

Tahap pelaksanaan berupa kegiatan pendampingan praktikum virtual IPA menggunakan platform *PhET Interactive Simulations*. Materi yang disimulasikan meliputi topik zat dan perubahannya, tekanan zat cair serta listrik dinamis. Kegiatan diawali dengan pengenalan media simulasi, penjelasan tujuan pembelajaran, serta langkah-langkah praktikum virtual. Selanjutnya peserta didik melakukan simulasi percobaan dengan bimbingan tim pengabdian. Selama kegiatan berlangsung, peserta didik diarahkan untuk mengamati fenomena, mencatat hasil pengamatan, serta mendiskusikan keterkaitannya dengan konsep IPA yang dipelajari sehingga proses pembelajaran tetap menekankan pemahaman konseptual.

Tahap evaluasi dan monitoring dilakukan untuk mengetahui respon peserta didik terhadap pelaksanaan praktikum virtual. Evaluasi dilaksanakan setelah kegiatan melalui penyebaran angket respon kepada peserta didik terpilih. Selain itu, tim pengabdian juga melakukan refleksi bersama guru untuk mengidentifikasi kendala yang muncul selama kegiatan serta peluang pengembangan program serupa di masa mendatang.

Instrumen yang digunakan dalam kegiatan ini berupa angket respon peserta didik dengan skala Likert empat poin yang terdiri atas 20 butir pernyataan. Skala yang digunakan adalah 1 = sangat tidak setuju, 2 = tidak setuju, 3 = setuju, dan 4 = sangat setuju. Butir pernyataan mencakup empat aspek penilaian, yaitu ketertarikan belajar, pemahaman materi, motivasi belajar, dan kemudahan penggunaan

media praktikum virtual. Angket disusun berdasarkan indikator keterlibatan dan pengalaman belajar peserta didik dalam penggunaan media pembelajaran.

Data hasil angket dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung skor rata-rata pada setiap aspek dan skor rata-rata keseluruhan. Skor rata-rata diperoleh dari jumlah total skor yang diperoleh dibagi jumlah responden. Hasil perhitungan skor rata-rata kemudian dikategorikan berdasarkan rentang skala dengan mengadaptasi kriteria interpretasi skor dari skala Likert. Rentang dihitung menggunakan rumus:

$\text{Rentang} = (\text{Skor Maksimal} - \text{Skor Minimal}) / \text{Jumlah Kategori}$

$\text{Rentang} = (4 - 1) / 4 = 0,75$

Tabel 1. Kriteria Interpretasi Skor Rata-rata

Rentang skor	Kategori
3,26 – 4,00	Sangat baik
2,51- 3,25	Baik
1,76 – 2,50	Kurang Baik
1,00 – 1,75	Tidak Baik

Indikator keberhasilan kegiatan pengabdian ini ditetapkan berdasarkan tiga aspek utama, yaitu keterlaksanaan kegiatan, partisipasi peserta didik, dan capaian skor respon angket. Penetapan ketiga aspek ini bertujuan memberikan tolak ukur yang jelas dalam menilai efektivitas pendampingan praktikum virtual, baik dari sisi proses pelaksanaan program maupun dampaknya terhadap peserta didik. Dengan demikian, keberhasilan kegiatan tidak hanya dinilai dari respon akhir peserta didik, tetapi juga dari kesesuaian pelaksanaan program dengan rencana yang telah disusun serta tingkat keterlibatan peserta didik selama kegiatan berlangsung.

Pertama, keterlaksanaan seluruh tahapan kegiatan, meliputi persiapan, pelaksanaan pendampingan, serta evaluasi dan monitoring, sesuai dengan rencana yang telah disusun bersama pihak madrasah. Indikator ini mencakup kesesuaian antara jadwal, materi, dan metode pendampingan yang telah dirancang dengan pelaksanaan di lapangan, termasuk kesiapan sarana pendukung seperti perangkat digital dan koneksi internet. Keterlaksanaan tahapan secara utuh menunjukkan bahwa program berjalan sesuai desain awal tanpa hambatan teknis maupun administratif yang signifikan, sehingga tujuan pendampingan dapat tercapai secara optimal.

Kedua, tingkat partisipasi peserta didik, yang ditandai dengan keterlibatan aktif seluruh peserta didik yang hadir dalam kegiatan simulasi praktikum virtual. Partisipasi ini tercermin dari antusiasme peserta didik dalam mengoperasikan simulasi PhET Interactive Simulations, baik secara mandiri maupun berkelompok, serta keaktifan bertanya dan berdiskusi selama proses pendampingan berlangsung. Tingkat kehadiran dan keterlibatan yang tinggi menjadi indikasi bahwa metode praktikum virtual mampu menarik minat dan mendorong keikutsertaan aktif peserta didik dalam pembelajaran IPA.

Ketiga, capaian skor rata-rata angket respon peserta didik pada keempat aspek penilaian, yaitu ketertarikan belajar, pemahaman materi, motivasi belajar, dan kemudahan penggunaan media praktikum virtual. Skor ini diperoleh dari hasil pengisian angket oleh 25 peserta didik yang dipilih secara acak setelah kegiatan pendampingan selesai dilaksanakan. Nilai ambang batas keberhasilan ditetapkan pada kategori baik, yaitu skor rata-rata minimal 2,51 dari skala 4,00, dengan mengacu pada rentang kategorisasi skor Likert yang digunakan (Tabel 1) sebagai alat bantu penafsiran. Kegiatan pendampingan dinyatakan berhasil apabila ketiga aspek indikator tersebut, yaitu keterlaksanaan kegiatan, partisipasi peserta didik, dan capaian skor respon, tercapai secara keseluruhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan pendampingan praktikum virtual IPA di MTs Alkhairaat Langaleso berjalan dengan lancar dan mendapatkan respon positif dari peserta didik. Peserta didik menunjukkan antusiasme yang tinggi selama mengikuti kegiatan, terutama saat melakukan simulasi praktikum secara mandiri dengan

pendampingan fasilitator. Setelah pendampingan selesai, 25 orang peserta didik dipilih secara acak untuk mengisi angket. Adapun hasil angket tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Respon Peserta Didik terhadap Praktikum Virtual IPA

Aspek yang dinilai	Skor rata-rata	Kategori
Ketertarikan belajar	3,47	Sangat baik
Pemahaman materi	3,19	Baik
Motivasi belajar	3,28	Sangat baik
Kemudahan penggunaan	3,31	Sangat baik
Rata-rata	3,31	Sangat baik

Berdasarkan hasil analisis angket respon peserta didik, diperoleh nilai rata-rata keseluruhan sebesar 3,31 dari skala maksimum 4. Nilai tersebut berada pada kategori baik hingga sangat baik. Aspek ketertarikan belajar, sebagian besar peserta didik menyatakan bahwa pembelajaran IPA melalui praktikum virtual lebih menarik dibandingkan pembelajaran konvensional. Tampilan visual dan interaktivitas simulasi membantu peserta didik memahami fenomena IPA secara lebih konkret.

Aspek pemahaman materi, peserta didik merasa lebih mudah memahami konsep IPA karena dapat mengamati proses dan hasil percobaan secara langsung melalui simulasi. Praktikum virtual memungkinkan peserta didik mengulangi percobaan tanpa takut melakukan kesalahan, sehingga proses belajar menjadi lebih fleksibel dan bermakna.

Aspek motivasi belajar juga menunjukkan hasil yang positif. Peserta didik merasa lebih termotivasi untuk mengikuti pembelajaran IPA dan menyelesaikan tugas-tugas yang diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa praktikum virtual tidak hanya berfungsi sebagai pengganti praktikum konvensional, tetapi juga sebagai sarana untuk meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik dalam pembelajaran.

Dari keempat aspek yang dinilai, aspek pemahaman materi menunjukkan skor terendah (3,19) meskipun masih berada dalam kategori baik. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun peserta didik tertarik dan termotivasi menggunakan praktikum virtual, proses konstruksi pemahaman konseptual masih memerlukan dukungan lebih intensif. Skor pemahaman materi yang lebih rendah kemungkinan disebabkan oleh durasi kegiatan yang terbatas, sehingga peserta didik belum memiliki cukup waktu untuk mengeksplorasi simulasi secara mendalam dan menghubungkannya dengan konsep teoretis yang telah dipelajari sebelumnya.

Keberhasilan kegiatan ini didukung oleh beberapa faktor. Pertama, pendampingan intensif dari tim pengabdian membantu peserta didik memahami cara mengoperasikan simulasi dan menginterpretasikan hasil percobaan. Kedua, platform PhET Interactive Simulations menyediakan antarmuka yang intuitif dan visualisasi yang menarik, sehingga menurunkan hambatan teknis dalam penggunaan teknologi. Ketiga, pemilihan materi yang kontekstual dengan kurikulum memungkinkan peserta didik melihat relevansi praktikum virtual dengan pembelajaran di kelas.

Meskipun demikian, selama pelaksanaan kegiatan ditemukan beberapa kendala, seperti keterbatasan perangkat digital dan kualitas jaringan internet. Kendala tersebut diatasi melalui pengaturan penggunaan perangkat secara bergantian serta pendampingan intensif oleh tim pengabdian. Temuan ini menunjukkan bahwa dukungan infrastruktur dan pendampingan berkelanjutan menjadi faktor penting dalam keberhasilan implementasi praktikum virtual di sekolah.

Kegiatan ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, evaluasi hanya mengukur respon peserta didik melalui angket, belum mengukur peningkatan pemahaman konseptual secara objektif melalui tes hasil belajar. Kedua, durasi kegiatan yang singkat (satu hari) membatasi kemampuan peserta didik untuk benar-benar menguasai penggunaan platform dan mengeksplorasi berbagai variabel dalam simulasi. Ketiga, tidak ada pengukuran dampak jangka panjang terhadap pembelajaran IPA di madrasah setelah kegiatan pendampingan berakhir.

Temuan ini memiliki implikasi pedagogis penting bagi pembelajaran IPA di sekolah dengan keterbatasan laboratorium. Praktikum virtual dapat diintegrasikan sebagai bagian dari *blended learning*,

di mana peserta didik melakukan eksplorasi awal melalui simulasi sebelum praktikum fisik, atau sebagai penguatan pemahaman setelah praktikum fisik dilakukan. Pendidik perlu merancang aktivitas pembelajaran yang terstruktur, seperti lembar kerja yang memandu peserta didik untuk mengamati, menganalisis, dan merefleksikan hasil simulasi. Selain itu, diskusi kelas dan presentasi hasil percobaan virtual dapat membantu memperdalam pemahaman konseptual peserta didik.

SIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pendampingan praktikum virtual IPA di MTs Alkhairaat Langaleso memberikan dampak positif terhadap proses pembelajaran IPA. Respon peserta didik menunjukkan kategori sangat baik dengan rata-rata skor 3,31, yang mengindikasikan meningkatnya ketertarikan, pemahaman, dan motivasi belajar. Meskipun aspek pemahaman materi masih berada pada kategori baik (3,19), aspek ketertarikan belajar (3,47), motivasi belajar (3,28), dan kemudahan penggunaan (3,31) mencapai kategori sangat baik. Praktikum virtual terbukti efektif sebagai alternatif pembelajaran IPA di sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium.

Berdasarkan temuan dan keterbatasan kegiatan, beberapa rekomendasi untuk pengembangan ke depan meliputi pelaksanaan kegiatan pendampingan secara berkelanjutan dengan durasi lebih panjang untuk memastikan transfer keterampilan yang optimal, pelatihan guru IPA dalam merancang dan memfasilitasi praktikum virtual sehingga dapat dilanjutkan secara mandiri oleh madrasah, penyediaan panduan atau modul penggunaan praktikum virtual yang dapat digunakan peserta didik secara mandiri, evaluasi yang lebih komprehensif mencakup aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik, serta pengembangan infrastruktur TIK di madrasah untuk mendukung implementasi praktikum virtual secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat serta Dekan Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan UIN Datokarama Palu yang telah mendukung terlaksananya kegiatan Pendampingan Praktikum Virtual IPA di MTs Alkhairaat Langaleso. Apresiasi yang tinggi diberikan kepada Kepala Madrasah, seluruh tenaga pendidik dan kependidikan serta peserta didik MTs Alkhairaat Langaleso atas partisipasi aktif dan antusiasme yang ditunjukkan selama kegiatan berlangsung. Tanpa dukungan, kerja sama, dan kontribusi semua pihak, kegiatan pengabdian ini tidak dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Anjiana, R., Yuliasuti, I., Rahayu, A., Kristiani, Y., & Mustofa, R. F. (2025). Optimasi Penggunaan Laboratorium IPA di SMP: Evaluasi Ketersediaan Sarana Prasarana Laboratorium dan Kualitas Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 13(1), 103–113. <https://doi.org/10.21831/jpms.v13i1.84339>
- Aspariga, D., Zulfitria, & Nugroho, A. O. (2024). Peran Media Interaktif Virtual Laboratory Pada Pembelajaran IPA di Sekolah: A Literatur Review. *JKPI: Jurnal Kajian Pendidikan IPA*, 4(2), 328–333. <https://doi.org/10.52434/jkpi24137>
- Astriani, D., Nurita, T., Rosdiana, L., F. A. N. M., Hidayati, S. N., & Waliyyul, R. (2021). Student Worksheets Based on Virtual Labs: Efforts to Optimize Science Practicum in Pandemic Time. *Science Education Journal (SEJ)*, 5(2), 117–127. <https://doi.org/10.21070/sej.v5i2.1611>
- Bahtiar, Ibrahim, & Maimun. (2022). Analysis of Students' Scientific Literacy Skill in terms of Gender Using Science Teaching Materials Discovery Model Assisted by PhET Simulation. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(3), 371–386. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i3.37279>
- Carrasco, C. M., Cabezas, F., Contreras, F. A., Aracena, C., Laroze, L., & Figueroa, P. (2025). Enhancing Learning: Impact of Virtual Reality Simulations on Academic Performance and Perception in Biological Sciences in Psychology Students. *Frontiers in Education*, 10, 1–14. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1587639>
- Dimas, H. T., & Tyas, A. (2025). Improving Students' Science Process Skills Through the Implementation

- of Practicum-Based Learning in Grade XI at SMAN 1 Gowa. *Jurnal IPA Terpadu*, 9(1), 125–135. <https://doi.org/10.35580/jit.v9i1.8100>
- Ernawati, M. D. W., Asrial, Perdana, R., Septi, S. E., & Rahmi. (2021). Evaluation of Students' Attitudes and Science Process Skills toward Middle School Science Subject in Indonesia. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 1(2), 258–274. <https://doi.org/10.23960/jpp.v1>
- Faresta, R. A., Ginola, D., Sinambela, I. A. N., & Apriliana. (2025). Virtual Laboratories on Student Engagement: A Systematic Review of Inquiry-Based and Problem-Based Learning Effectiveness. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 10(4), 787–798. <https://doi.org/10.33394/jtp.v10i4.12530>
- Heradio, R., Torre, L. de la, Galan, D., Cabrerizo, F. J., Herrera-Viedma, E., & Dormido, S. (2016). Virtual and Remote Labs in Education: A Bibliometric Analysis. *Computers & Education*, 98, 14–38. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.010>
- Juhri. (2016). Peningkatan Keterampilan Proses Sains Siswa melalui Pendekatan Inkuiri Terbimbing. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran IPA*, 2(1), 58–70. <https://doi.org/10.30870/jppi.v2i1.419>
- Kusdiastuti, M., Harjono, A., Sahidu, H., & Gunawan. (2016). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Berbantuan Laboratorium Virtual Terhadap Penguasaan Konsep Fisika Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 2(3), 116–122. <https://doi.org/10.29303/jpft.v2i3.298>
- Lestari, D. P., Supahar, Paidi, S., & Herianto. (2023). Effect of Science virtual Laboratory Combination with Demonstration Methods on Lower-Secondary School Students' Scientific Literacy Ability in a Science Course. *Education and Information Technologies*, 28, 16153–16175. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11857-8>
- Mahdiannur, M. A. (2022). Analisis Keterampilan Praktik Ilmiah Siswa dalam Pembelajaran IPA SMP Berciri Inkuiri Induktif. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(3), 850–858. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i3.705>
- Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding Immersive Virtual Reality to a Science Lab Simulation Causes More Presence but Less Learning. *Learning and Instruction*, 60, 225–236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>
- Meronda, D. A., Widarti, H. R., & Yahmin. (2025). Virtual Laboratories in Science Education: A Systematic Review of Effectiveness on Conceptual Understanding and Learning Outcomes. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 26(3), 2020–2042. <https://doi.org/10.23960/jpmipa.v26i3.pp2020-2042>
- Pane, E. P., Lubis, N. F., & Simarmata, G. (2024). Application of Interactive Virtual Lab Media Based on a STEM Approach in Improving Students' Scientific Literacy and Learning Motivation. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(12), 10736–10744. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i12.8589>
- Prayunisa, F., & Marzuki, A. D. (2024). Analisis Kesulitan dalam Pelaksanaan Praktikum IPA SD dan IPA Terpadu SMP. *NUSRA: Jurnal Penelitian Dan Ilmu Pendidikan*, 5(3), 1145–1151. <https://doi.org/10.55681/nusra.v5i3.3133>
- Purwati, Darwis, R., & Natsir, N. A. (2025). Efektivitas Laboratorium Virtual IPA dalam Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Kelas VII pada Materi Suhu dan Kalor. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 15(1), 322–330. <https://doi.org/10.37630/jpm.v15i1.2574>
- Sapriati, A., Suhandoko, A. D. J., Yundayani, A., Karim, R. A., Kusmawan, U., Adnan, A. H. M., & Suhandoko, A. A. (2023). The Effect of Virtual Laboratories on Improving Students' SRL: An Umbrella Systematic Review. *Education Sciences*, 13(222), 1–13. <https://doi.org/10.3390/educsci13030222>
- Sugartini, N. N. A., Gunamantha, I. M., & Ardana, I. M. (2024). Model Pembelajaran Project Based Learning terhadap Pemahaman Konsep IPA dan Sikap Ilmiah Siswa Kelas IV SD. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Profesi Guru*, 7(2), 293–305. <https://doi.org/10.23887/jippg.v7i2.73267>
- Syahrin, R. A., Gantari, B., Alfa, H. S., Jariyah, I. A., & Sholihah, Z. (2024). Optimalisasi Pembelajaran IPA Berbasis Praktikum untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa. *Faktor: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 11(1), 37–46. <https://doi.org/10.30998/fjik.v11i1.22160>