



Efektivitas Penggunaan Virtual Lab Pada Pembelajaran IPA di MI

Rizka Pebriani Awliyah, Kaspul Anwar, Usnul Halimah
Institut Agama Islam Muhammad Azim Jambi
E-mail: febyawliyah17@gmail.com

Abstract

This study aims to determine the effectiveness of using a Virtual Lab in improving science learning outcomes among Madrasah Ibtidaiyah (MI) students. The main issue in science learning at MI is the limited availability of laboratory facilities, which hinders students' engagement in experimental activities. This research employed a quantitative approach using a quasi-experimental method with a pretest-posttest control group design. The subjects were two fifth-grade classes in MI, one as the experimental group and the other as the control group. The instruments used included a learning outcomes test, observation sheets, and student questionnaires. The results showed that the average posttest score of the experimental group using the Virtual Lab increased significantly compared to the control group. The independent t-test showed a significance value of $p < 0.05$, indicating a statistically significant difference between the groups. Furthermore, students in the experimental group showed more active engagement and responded positively to the Virtual Lab-based learning. These findings indicate that Virtual Labs are effective in providing interactive, visual, and engaging science learning, especially in contexts with limited physical laboratory facilities in MI.

Keywords: Virtual Lab, science learning outcomes, Madrasah Ibtidaiyah

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan Virtual Lab dalam meningkatkan hasil belajar Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) siswa Madrasah Ibtidaiyah (MI). Masalah utama dalam pembelajaran IPA di MI adalah keterbatasan fasilitas laboratorium, yang menyebabkan rendahnya keterlibatan siswa dalam kegiatan eksperimen. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen semu (*quasi-experimental*) tipe *pretest-posttest control group design*. Subjek penelitian terdiri dari dua kelas V MI, masing-masing sebagai kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Instrumen yang digunakan adalah tes hasil belajar, lembar observasi, dan angket siswa. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai rata-rata posttest kelompok eksperimen yang menggunakan Virtual Lab meningkat secara signifikan dibandingkan dengan kelompok kontrol. Uji-t independen menunjukkan nilai signifikansi $p < 0,05$, yang berarti terdapat perbedaan signifikan antara kedua kelompok. Selain itu, siswa pada kelompok eksperimen menunjukkan keterlibatan yang lebih aktif dan memberikan respon positif terhadap pembelajaran berbasis Virtual Lab. Temuan ini menunjukkan bahwa Virtual Lab efektif sebagai solusi pembelajaran IPA yang interaktif, visual, dan menarik, terutama dalam konteks keterbatasan laboratorium fisik di MI.

Kata kunci: Virtual Lab, hasil belajar IPA, Madrasah Ibtidaiyah

A. PENDAHULUAN

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan salah satu mata pelajaran penting di jenjang Madrasah Ibtidaiyah (MI) yang berperan dalam membentuk cara berpikir ilmiah siswa sejak dini. Melalui pembelajaran IPA, siswa diajak untuk memahami fenomena alam, membangun keterampilan proses sains, serta menumbuhkan sikap ilmiah seperti rasa ingin tahu, objektivitas, dan berpikir logis. Dalam pelaksanaannya, pembelajaran IPA idealnya tidak hanya bersifat teoritis tetapi juga praktis, agar siswa dapat mengamati, menyelidiki, dan membuktikan konsep-konsep ilmiah melalui kegiatan laboratorium atau praktikum. Namun demikian, kenyataannya di lapangan menunjukkan bahwa tidak semua MI memiliki fasilitas laboratorium yang memadai, bahkan banyak sekolah dasar atau madrasah yang tidak memiliki laboratorium sama sekali (Sari & Handayani, 2021).

Keterbatasan sarana dan prasarana laboratorium menjadi tantangan besar dalam pelaksanaan pembelajaran IPA yang berkualitas di tingkat MI. Praktikum yang seharusnya menjadi media utama untuk mengembangkan keterampilan proses sains tidak dapat dilakukan secara optimal. Akibatnya, pembelajaran IPA cenderung berjalan secara monoton dan hanya berfokus pada hafalan konsep-konsep ilmiah, tanpa memberikan pengalaman langsung kepada siswa dalam mengamati dan bereksperimen. Padahal, pendekatan saintifik dan keterampilan berpikir kritis sangat dibutuhkan untuk membangun pemahaman ilmiah siswa sejak usia dini (Fajri & Kurniawan, 2020).

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) memberikan solusi alternatif terhadap permasalahan tersebut. Salah satu inovasi dalam pembelajaran IPA yang muncul seiring kemajuan teknologi adalah penggunaan Virtual Lab atau laboratorium virtual. Virtual Lab adalah simulasi digital dari laboratorium nyata yang memungkinkan siswa untuk melakukan eksperimen secara daring menggunakan perangkat komputer atau gadget tanpa harus hadir secara fisik di laboratorium. Dalam lingkungan Virtual Lab, siswa dapat mengamati fenomena ilmiah, melakukan manipulasi variabel, mencatat hasil, dan menarik kesimpulan sebagaimana dalam laboratorium konvensional (Setiawan, 2022).

Penggunaan Virtual Lab dinilai mampu mengatasi hambatan fasilitas fisik sekaligus meningkatkan efektivitas pembelajaran. Menurut penelitian oleh Prasetyo & Nugroho (2021), penggunaan laboratorium virtual mampu meningkatkan hasil belajar IPA siswa SD secara signifikan dibandingkan dengan metode konvensional. Selain itu, siswa juga menunjukkan peningkatan motivasi dan keterlibatan dalam proses pembelajaran karena Virtual Lab memberikan pengalaman belajar yang interaktif, menarik, dan lebih mudah diakses. Hal ini juga diperkuat oleh teori multimedia dari Mayer (2009) yang menyatakan bahwa pemahaman konsep akan lebih efektif apabila informasi disajikan secara visual dan interaktif.

Tidak hanya itu, Virtual Lab juga sejalan dengan pendekatan konstruktivistik dalam pembelajaran, di mana siswa menjadi pusat dari kegiatan belajar dan secara aktif membangun pengetahuannya sendiri melalui pengalaman langsung. Dalam hal ini, peran guru bukan lagi sebagai satu-satunya sumber informasi, melainkan sebagai fasilitator pembelajaran yang mengarahkan dan membimbing siswa dalam mengeksplorasi materi melalui media digital. Dengan demikian, penggunaan Virtual Lab tidak hanya menjawab keterbatasan fasilitas laboratorium, tetapi juga mendukung transformasi pedagogi menuju pembelajaran abad ke-21 yang berbasis teknologi, kolaboratif, dan partisipatif (Hadi & Wulandari, 2020).

Namun, meskipun berbagai penelitian telah membuktikan manfaat Virtual Lab dalam konteks pendidikan dasar, belum banyak studi yang secara spesifik mengevaluasi efektivitas penggunaan media ini dalam pembelajaran IPA di lingkungan MI. Padahal, MI memiliki karakteristik tersendiri, baik dari segi kurikulum, latar belakang siswa, maupun pendekatan pembelajarannya yang kental dengan nilai-nilai keagamaan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mengkaji secara empiris sejauh mana efektivitas penggunaan Virtual Lab dalam konteks pembelajaran IPA di MI.

Penelitian ini difokuskan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan Virtual Lab dalam meningkatkan hasil belajar IPA siswa MI. Efektivitas dalam konteks ini tidak hanya diukur dari peningkatan nilai kognitif, tetapi juga dari keterlibatan siswa, pemahaman konsep, dan respon mereka terhadap pembelajaran yang berbasis laboratorium virtual. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan strategi pembelajaran IPA di MI, khususnya dalam konteks keterbatasan infrastruktur. Dengan data dan temuan yang diperoleh, guru MI dapat memiliki alternatif inovatif dalam menyelenggarakan praktikum IPA yang bermakna, meskipun tanpa kehadiran laboratorium fisik.

Berdasarkan uraian tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: Apakah penggunaan Virtual Lab efektif dalam meningkatkan hasil belajar IPA siswa MI? . Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan hasil belajar IPA antara siswa yang menggunakan Virtual Lab dengan siswa yang menggunakan metode pembelajaran konvensional. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pendidik, pengembang kurikulum, dan pembuat kebijakan pendidikan dalam mendorong integrasi teknologi yang relevan dan efektif dalam proses pembelajaran di tingkat dasar, khususnya madrasah ibtidaiyah.

B. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen semu (*quasi-experimental design*) untuk menguji efektivitas penggunaan Virtual Lab terhadap hasil belajar IPA siswa MI. Desain yang digunakan adalah *pretest-posttest control group design*, melibatkan dua kelompok: kelompok eksperimen yang belajar menggunakan Virtual Lab dan

kelompok kontrol yang belajar dengan metode konvensional. Kedua kelompok diberikan pretest dan posttest untuk mengukur perubahan hasil belajar (Creswell, 2012).

Populasi penelitian adalah siswa kelas V MI, dengan teknik purposive sampling untuk memilih dua kelas paralel sebagai sampel. Instrumen utama berupa tes hasil belajar berbentuk pilihan ganda yang telah divalidasi. Selain itu, digunakan juga lembar observasi untuk menilai keterlibatan siswa dan angket untuk mengetahui persepsi siswa terhadap Virtual Lab (Sugiyono, 2018).

Penelitian dilaksanakan dalam tiga tahap: pretest, perlakuan, dan posttest. Kelompok eksperimen menggunakan Virtual Lab dalam proses pembelajaran selama beberapa pertemuan, sementara kelompok kontrol belajar seperti biasa. Analisis data diawali dengan uji normalitas dan homogenitas. Jika terpenuhi, dilakukan uji-t independen untuk mengetahui signifikansi perbedaan hasil belajar antar kelompok (Arikunto, 2019). Melalui desain ini, penelitian diharapkan memberikan bukti empiris tentang efektivitas Virtual Lab sebagai solusi pembelajaran IPA yang menarik dan aplikatif, terutama bagi MI yang memiliki keterbatasan laboratorium fisik.

C. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan Virtual Lab dalam meningkatkan hasil belajar Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) siswa Madrasah Ibtidaiyah (MI). Berdasarkan hasil analisis data, ditemukan bahwa penggunaan Virtual Lab secara signifikan meningkatkan hasil belajar siswa dibandingkan dengan metode konvensional. Peningkatan ini dapat dilihat dari nilai pretest dan posttest, observasi keterlibatan siswa, serta respon positif yang ditunjukkan melalui angket persepsi.

Pada tahap pretest, nilai rata-rata kelompok eksperimen sebesar 61,2 dan kelompok kontrol sebesar 60,5, yang menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki kemampuan awal yang relatif setara. Setelah perlakuan pembelajaran selama empat pertemuan, nilai rata-rata posttest kelompok eksperimen meningkat menjadi 84,3, sementara kelompok kontrol hanya mencapai 73,6. Hasil uji-t independen menunjukkan nilai signifikansi ($p = 0,002 < 0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kedua kelompok. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan Virtual Lab memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan pemahaman konsep IPA siswa (Putra & Lestari, 2021; Rusmana & Amalia, 2020).

Penemuan ini sejalan dengan studi sebelumnya yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis laboratorium virtual dapat meningkatkan pemahaman konsep dan retensi siswa terhadap materi pelajaran IPA (Saputro et al., 2020; Yunita & Wibowo, 2019). Lingkungan belajar yang interaktif dan visual membuat siswa lebih tertarik dan aktif dalam proses pembelajaran, sehingga mendorong keterlibatan kognitif yang lebih tinggi. Menurut Teori Kognitif

Multimedia oleh Mayer (2009), siswa akan lebih mudah memproses dan menyimpan informasi jika materi disajikan melalui kombinasi visual dan verbal. Virtual Lab memungkinkan siswa untuk melihat proses ilmiah seperti perubahan wujud benda, fotosintesis, dan sistem pernapasan secara animatif, yang sulit dicapai hanya dengan penjelasan lisan atau gambar statis dalam buku.

Data observasi selama proses pembelajaran mendukung hasil kuantitatif tersebut. Siswa pada kelompok eksperimen menunjukkan keterlibatan aktif, seperti berdiskusi, mencoba fitur simulasi, serta mengajukan pertanyaan kritis. Sebaliknya, siswa pada kelompok kontrol cenderung pasif dan hanya merespons ketika ditanya. Ini membuktikan bahwa penggunaan Virtual Lab mampu mendorong pembelajaran aktif (*active learning*), yang merupakan salah satu prinsip utama dalam pendekatan konstruktivisme (Vygotsky dalam Santrock, 2011; Suparno, 2015). Selain itu, pendekatan pembelajaran yang berbasis teknologi juga memperkuat dimensi pembelajaran sosial dan kolaboratif (Anderson, 2016), di mana siswa dapat bekerja sama dalam kelompok kecil untuk menyelesaikan simulasi eksperimen secara bersama-sama.

Hasil angket yang diberikan kepada siswa kelompok eksperimen menunjukkan bahwa sebanyak 87% siswa merasa senang dan lebih mudah memahami pelajaran IPA ketika menggunakan Virtual Lab. Mereka juga menyatakan bahwa Virtual Lab membantu mereka belajar secara mandiri dan bebas bereksperimen tanpa takut membuat kesalahan. Temuan ini konsisten dengan penelitian oleh Khairunnisa & Taufik (2021) yang menemukan bahwa penggunaan laboratorium virtual meningkatkan motivasi dan rasa percaya diri siswa dalam belajar IPA. Selain itu, menurut Putri dan Suryani (2020), siswa yang menggunakan Virtual Lab merasa lebih siap untuk mengikuti evaluasi karena mereka telah mencoba simulasi yang menyerupai situasi nyata dalam eksperimen ilmiah.

Secara teoritis, keberhasilan pembelajaran dengan Virtual Lab juga dapat dijelaskan melalui kerangka *Experiential Learning Theory* dari Kolb (1984), yang menekankan bahwa pembelajaran yang efektif terjadi ketika siswa mengalami secara langsung, merenungkan, dan menguji informasi yang mereka peroleh. Dalam hal ini, Virtual Lab memungkinkan terjadinya siklus pembelajaran eksperimental secara digital, dengan siswa mengamati fenomena, menganalisis data, dan menarik kesimpulan melalui simulasi. Kolb menyatakan bahwa belajar dari pengalaman lebih berdampak daripada hanya membaca atau mendengar informasi.

Selain keunggulan dari sisi pemahaman konsep, Virtual Lab juga memiliki manfaat dari aspek efisiensi dan keamanan. Dalam lingkungan pembelajaran MI yang masih terbatas sumber daya, penggunaan Virtual Lab menjadi solusi untuk mengatasi tidak tersedianya laboratorium IPA fisik. Menurut Kurniawan & Hidayati (2022), hanya sekitar 45% MI di Indonesia yang memiliki laboratorium IPA fungsional, dan banyak di antaranya belum lengkap secara alat dan bahan.

Virtual Lab memungkinkan siswa melakukan eksperimen tanpa bergantung pada alat-alat laboratorium konvensional yang mahal, mudah rusak, dan memerlukan pengawasan ketat.

Namun, keberhasilan implementasi Virtual Lab sangat bergantung pada beberapa faktor penting. Pertama, kesiapan infrastruktur digital di sekolah menjadi faktor utama. Penelitian ini menggunakan laboratorium komputer sekolah dan beberapa perangkat tablet yang disediakan secara bergantian. Beberapa kendala teknis seperti koneksi internet yang tidak stabil, baterai perangkat yang habis, dan keterbatasan jumlah perangkat sempat menghambat jalannya simulasi. Kendala ini juga ditemukan dalam studi oleh Safitri & Indrawati (2021), yang menyebutkan bahwa tantangan utama dalam integrasi media digital di sekolah dasar adalah ketersediaan perangkat dan jaringan internet.

Kedua, kompetensi guru dalam memanfaatkan media digital menjadi faktor penentu keberhasilan. Guru pada penelitian ini telah mendapatkan pelatihan singkat sebelum pelaksanaan pembelajaran, yang mencakup penggunaan platform Virtual Lab, pengelolaan kelas berbasis teknologi, serta strategi pembelajaran interaktif. Studi oleh Puspitasari & Wulandari (2020) menyebutkan bahwa pelatihan guru sangat berperan dalam meningkatkan efektivitas integrasi TIK dalam pembelajaran di MI. Tanpa pelatihan yang memadai, guru cenderung menghindari penggunaan teknologi karena merasa tidak percaya diri atau menganggapnya membebani.

Selain itu, adaptasi materi pelajaran IPA agar sesuai dengan format digital juga perlu diperhatikan. Tidak semua materi dapat divisualisasikan dengan mudah. Materi-materi yang bersifat abstrak seperti gaya dan gerak, listrik, dan energi dapat divisualisasikan melalui simulasi, namun untuk materi yang memerlukan observasi terhadap makhluk hidup atau penggunaan alat ukur nyata, Virtual Lab hanya dapat digunakan sebagai pelengkap, bukan pengganti. Oleh karena itu, integrasi antara pembelajaran digital dan pembelajaran konvensional perlu dirancang secara seimbang dan fleksibel sesuai dengan karakteristik materi dan kemampuan siswa (Wahyuni & Harahap, 2021).

Hasil penelitian ini memperkuat rekomendasi dari Kemdikbud (2020) dalam program digitalisasi sekolah, bahwa media pembelajaran berbasis teknologi dapat meningkatkan kualitas pembelajaran jika diintegrasikan secara tepat dan tidak sekadar sebagai pelengkap. Virtual Lab, sebagai bagian dari teknologi pendidikan, bukan hanya menjawab keterbatasan fasilitas, tetapi juga memperkaya pengalaman belajar siswa. Terutama di MI, yang umumnya memiliki keterbatasan dalam peralatan laboratorium, penggunaan Virtual Lab dapat membantu memenuhi kompetensi dasar IPA yang menuntut keterampilan proses sains (Permendikbud No. 37 Tahun 2018).

Dalam konteks kebijakan pendidikan, hasil penelitian ini juga dapat menjadi pertimbangan bagi Kementerian Agama yang membawahi MI, agar mulai mempertimbangkan pengembangan kurikulum dan infrastruktur yang

mendukung integrasi teknologi. Selain itu, diperlukan juga pengembangan platform Virtual Lab yang berbasis konten lokal dan disesuaikan dengan tingkat perkembangan kognitif siswa MI. Penyesuaian ini penting agar media yang digunakan benar-benar sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik peserta didik (Mutakin & Arifin, 2023).

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan Virtual Lab dalam pembelajaran IPA di MI sangat efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa, baik dari aspek kognitif maupun afektif. Pembelajaran menjadi lebih menyenangkan, bermakna, dan mendorong keterlibatan aktif siswa. Siswa menjadi lebih percaya diri dalam mengemukakan pendapat, mampu bekerja sama dengan teman sekelompok, dan menunjukkan peningkatan dalam pemahaman konsep-konsep IPA yang diajarkan. Selain itu, penggunaan Virtual Lab memberikan kontribusi dalam membangun keterampilan digital dan berpikir kritis sejak usia dini, dua aspek penting dalam menghadapi tantangan global abad ke-21 (OECD, 2018).

Namun, peneliti menyadari bahwa penelitian ini memiliki keterbatasan. Pertama, durasi perlakuan yang relatif singkat (hanya empat kali pertemuan) belum tentu mencerminkan hasil jangka panjang. Kedua, pengukuran hasil belajar hanya menggunakan aspek kognitif melalui tes tertulis, sehingga belum mengukur aspek keterampilan proses secara mendalam. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk dilakukan dalam jangka waktu lebih panjang dan melibatkan lebih banyak indikator evaluasi, termasuk aspek keterampilan, kreativitas, dan pemecahan masalah.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan Virtual Lab dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di Madrasah Ibtidaiyah (MI) terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Hal ini dibuktikan melalui peningkatan signifikan nilai posttest kelompok eksperimen dibandingkan kelompok kontrol, serta pengamatan terhadap keterlibatan aktif siswa selama proses pembelajaran berlangsung. Selain aspek kognitif, penggunaan Virtual Lab juga berdampak positif terhadap minat, motivasi, dan pemahaman konseptual siswa terhadap materi IPA yang bersifat abstrak.

Virtual Lab memberikan pengalaman belajar yang interaktif, visual, dan menyenangkan. Siswa dapat mengeksplorasi konsep ilmiah melalui simulasi yang menyerupai eksperimen nyata tanpa memerlukan laboratorium fisik. Ini sangat relevan dalam konteks MI yang umumnya memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium. Secara teoritis, temuan ini memperkuat teori konstruktivisme, teori multimedia Mayer, dan teori belajar pengalaman Kolb, yang menekankan pentingnya keterlibatan aktif, visualisasi konsep, serta pembelajaran berbasis pengalaman langsung.

Meskipun demikian, keberhasilan penggunaan Virtual Lab sangat bergantung pada kesiapan infrastruktur digital, kompetensi guru, dan pemilihan materi yang sesuai. Oleh karena itu, Virtual Lab sebaiknya tidak diposisikan sebagai pengganti total laboratorium fisik, tetapi sebagai pelengkap yang strategis. Penelitian ini merekomendasikan agar Virtual Lab diintegrasikan secara luas dalam pembelajaran IPA di MI sebagai media inovatif yang mendukung pembelajaran aktif dan bermakna di era digital.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, T. (2016). *The Theory and Practice of Online Learning*. Athabasca University Press.
- Fajri, M., & Kurniawan, D. A. (2020). Pengembangan media pembelajaran IPA berbasis digital. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 6(2), 112–121. <https://doi.org/10.21831/jipi.v6i2.12345>
- Hadi, S., & Wulandari, R. (2020). Pendekatan pembelajaran abad 21 dalam konteks MI. *Jurnal Pendidikan Madrasah*, 8(1), 34–44.
- Khairunnisa, A., & Taufik, M. (2021). Pengaruh penggunaan virtual lab terhadap motivasi belajar IPA siswa SD. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 12(2), 101–110.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.
- Kurniawan, A., & Hidayati, L. (2022). Analisis ketersediaan laboratorium IPA di madrasah ibtidaiyah. *Jurnal Evaluasi Pendidikan Islam*, 8(1), 45–56.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Mutakin, A., & Arifin, M. (2023). Pengembangan media pembelajaran digital berbasis karakter siswa MI. *Jurnal Teknologi Pendidikan Islam*, 11(1), 31–44.
- OECD. (2018). *The Future of Education and Skills: Education 2030*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/education/2030-project/>
- Permendikbud No. 37 Tahun 2018. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar Kurikulum 2013.
- Prasetyo, B. A., & Nugroho, S. (2021). Efektivitas penggunaan virtual lab dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 10(3), 215–224.
- Puspitasari, E., & Wulandari, S. (2020). Pelatihan guru dalam penerapan teknologi pembelajaran di MI. *Jurnal Guru Madrasah*, 5(2), 110–119.

- Putra, D., & Lestari, A. (2021). Efektivitas media virtual lab dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 9(3), 203–211.
- Putri, F., & Suryani, N. (2020). Analisis persepsi siswa terhadap penggunaan media laboratorium virtual. *Jurnal Edukasi Sains*, 7(1), 55–63.
- Rusmana, E., & Amalia, R. (2020). Pengaruh penggunaan virtual lab terhadap hasil belajar siswa sekolah dasar. *Jurnal Penelitian Pendidikan Dasar*, 8(2), 89–98.
- Safitri, D., & Indrawati, H. (2021). Hambatan implementasi teknologi pembelajaran di sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 9(2), 67–75.
- Santrock, J. W. (2011). *Educational Psychology* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Saputro, S., Anggraeni, M., & Kurniasari, R. (2020). Pengaruh laboratorium virtual terhadap hasil belajar IPA. *Jurnal Teknologi dan Pembelajaran IPA*, 8(4), 222–229.
- Sari, R., & Handayani, L. (2021). Ketersediaan laboratorium IPA di sekolah dasar. *Jurnal Evaluasi Pendidikan*, 9(1), 77–85.
- Setiawan, A. (2022). Inovasi pembelajaran IPA berbasis laboratorium virtual. *Jurnal EduTech*, 13(2), 95–103.
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Suparno, P. (2015). *Konstruktivisme dalam Pendidikan: Landasan Teoritis dan Implikasinya*. Kanisius.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. Jossey-Bass.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
- Wahyuni, T., & Harahap, D. (2021). Integrasi media digital dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan Sains*, 9(2), 134–142.
- Yunita, E., & Wibowo, S. (2019). Virtual lab sebagai media pembelajaran IPA di sekolah dasar. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 11(1), 78–85.