

Pengembangan Petunjuk Pratikum Laboratorium Virtual sebagai Pendekatan Pembelajaran *Deep Learning* bagi Mahasiswa Calon Guru SD

Rosmiati^{1*}, Muhammad Satriawan², Rarasaning Satianingsih³, Erna Puji Astutik⁴,
Amelia Widya Hanindita⁵, Muhamad Chamim Cahyono⁶, Wiedo Chiarsesario⁷

^{1,3,4,5,6,7}Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Surabaya, Indonesia

²Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

*Corresponding Author: rosmiati@unipasby.ac.id

Article history

Dikirim:

29-01-2026

Direvisi:

02-02-2026

Diterima:

03-02-2026

Key words:

Petunjuk Pratikum;
Lab Virtual; Deep
Learning; Calon Guru;
Sekolah Dasar.

Abstrak: Keterbatasan sarana laboratorium, waktu praktik, dan hambatan logistik masih menjadi permasalahan utama dalam pelaksanaan praktikum sains pada Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar (PGSD). Pemanfaatan laboratorium virtual, seperti OLABS (Online Labs), berpotensi menjadi solusi alternatif, namun dalam praktiknya masih cenderung digunakan secara prosedural dan belum mendorong pembelajaran yang mendalam. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan petunjuk praktikum laboratorium virtual berbasis OLABS yang terintegrasi dengan pendekatan *deep learning* serta menguji efektivitas awal penggunaannya pada mahasiswa PGSD. Penelitian menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Produk yang dikembangkan divalidasi oleh ahli materi dan ahli media, kemudian diimplementasikan secara terbatas pada 26 mahasiswa PGSD. Hasil implementasi menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konsep sains yang sangat signifikan, ditandai dengan kenaikan nilai rata-rata dari pretest sebesar 56 menjadi posttest sebesar 96, dengan nilai N-gain sebesar 0,91 pada kategori tinggi. Selain itu, hasil evaluasi respons mahasiswa menunjukkan kategori sangat baik, yang mengindikasikan bahwa petunjuk praktikum mudah dipahami, praktis, dan bermanfaat dalam mendukung pembelajaran praktikum sains berbasis *deep learning*. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa petunjuk praktikum laboratorium virtual berbasis OLABS yang dikembangkan bersifat valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa PGSD sebagai calon guru sekolah dasar serta berpotensi diintegrasikan dalam pembelajaran praktikum sains di LPTK.

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menuntut pembelajaran yang tidak hanya mengandalkan keterampilan dasar, tetapi juga kemampuan berpikir kritis, kreatif, reflektif, serta adaptif terhadap teknologi digital (Budhiarti et al., 2025; Fukuda et al., 2021; Rosmiati et al., 2020; Satriawan et al., 2022; Utaminingsih et al., 2023). Dalam kerangka ini, institusi pendidikan tinggi, khususnya Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK), dituntut untuk mempersiapkan calon guru yang tidak

hanya kompeten secara akademik, tetapi juga mampu memfasilitasi pembelajaran berbasis inovasi dan teknologi (Giles, 2021; Satriawan et al., 2024). Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar (PGSD) memiliki tantangan tersendiri dalam membekali mahasiswa dengan pemahaman konseptual yang kuat, terutama dalam mata kuliah sains yang memerlukan aktivitas praktikum. Salah satu permasalahan yang sering dihadapi dalam pelaksanaan praktikum di PGSD adalah keterbatasan sarana laboratorium, kurangnya waktu praktik, serta hambatan logistik dalam penyediaan alat dan bahan (Ikhsan et al., 2020). Untuk menjawab tantangan tersebut, laboratorium virtual (virtual lab) hadir sebagai solusi pembelajaran alternatif yang memungkinkan mahasiswa melakukan eksperimen melalui simulasi komputer. Laboratorium virtual menawarkan fleksibilitas, efisiensi biaya, dan aksesibilitas tanpa batas ruang dan waktu, sekaligus tetap mempertahankan esensi pembelajaran eksperiensial (Halimatul Mu, 2022; Herayanti, 2015; Setiawan et al., 2018; Wibawanto, 2020).

Salah satu platform laboratorium virtual yang berkembang adalah OLABS (Online Labs) <https://www.olabs.edu.in/>, sebuah layanan berbasis web yang menyediakan simulasi interaktif untuk eksperimen fisika, kimia, dan biologi. OLABS dirancang untuk mendukung pembelajaran sains di berbagai jenjang pendidikan. Namun, pada praktiknya, pemanfaatan OLABS dalam pendidikan guru SD masih bersifat teknis dan prosedural, belum terintegrasi dengan pendekatan pedagogis yang mendorong kedalaman berpikir mahasiswa (Halimatul Mu, 2022; *Peningkatan Kompetensi Guru SD Kecamatan Tarik_ OLABS, Media Inovatif Berbasis IT Untuk Penguatan Deep Learning* -, n.d.). Hal ini menyebabkan pengalaman belajar menjadi dangkal dan tidak mencerminkan capaian kompetensi abad ke-21. Pendekatan pembelajaran mendalam (deep learning) menjadi sangat relevan. Pendekatan ini menekankan keterlibatan aktif mahasiswa dalam mengonstruksi pengetahuan, menghubungkan konsep, merefleksi pengalaman, dan mengaplikasikan pemahaman dalam konteks baru. Jika dikaitkan dengan penggunaan laboratorium virtual, maka diperlukan petunjuk praktikum yang tidak hanya memberikan prosedur eksperimen, tetapi juga memandu proses berpikir mahasiswa untuk mencapai kedalaman konseptual. Sayangnya, hingga saat ini belum banyak dikembangkan petunjuk praktikum OLABS yang terintegrasi dengan sintaks *deep learning*, terutama dalam konteks pembelajaran calon guru SD.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan petunjuk praktikum laboratorium virtual berbasis OLABS yang mengadopsi prinsip-prinsip pembelajaran mendalam, serta mengimplementasikannya secara terbatas pada mahasiswa PGSD. Produk yang dikembangkan ditujukan untuk membantu mahasiswa memahami konsep sains secara lebih bermakna, sekaligus membekali mereka dengan pengalaman praktikum digital yang dapat mereka adaptasi dalam konteks pembelajaran sekolah dasar. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas laboratorium virtual dalam meningkatkan hasil belajar sains dan motivasi mahasiswa. Beberapa studi juga mulai mengaitkan laboratorium virtual dengan pendekatan pembelajaran aktif dan inkuiri. Namun, hingga saat ini belum ditemukan penelitian yang secara spesifik mengembangkan petunjuk praktikum berbasis OLABS dengan pendekatan *deep learning* yang ditujukan bagi mahasiswa calon guru SD. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki **kebaruan** pada integrasi aspek teknologi dan pedagogi dalam satu perangkat pembelajaran yang kontekstual, praktis, dan reflektif. Dari penelitian ini diharapkan



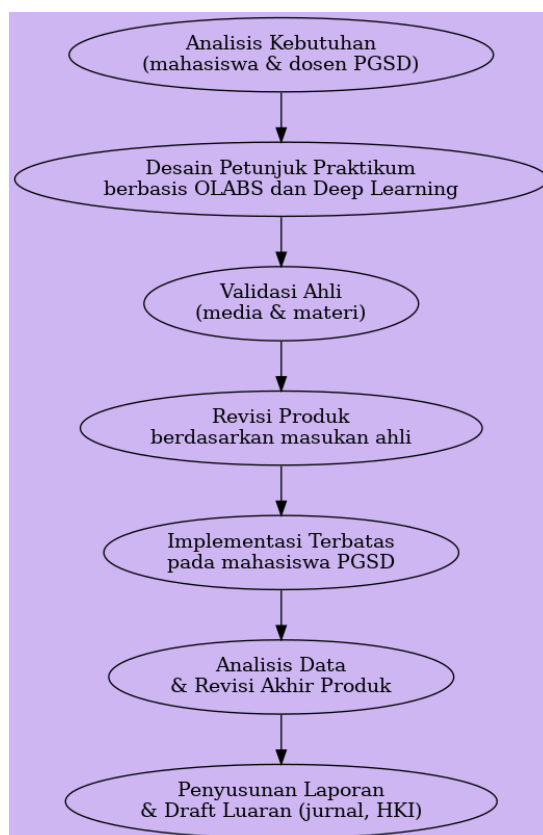
lahir sebuah perangkat praktikum digital yang tidak hanya relevan secara konten dan media, tetapi juga mendalam secara pedagogi. Luaran yang ditargetkan meliputi produk petunjuk praktikum valid dan implementatif, artikel jurnal nasional terakreditasi, serta blueprint integrasi OLABS dalam RPS PGSD di masa mendatang. Sebagai bagian dari kesinambungan riset pengembangan media pembelajaran berbasis laboratorium virtual, berikut adalah peta jalan (roadmap) penelitian selama lima tahun ke depan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) terbatas dengan model pengembangan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Fokus utama penelitian berada pada tahap pengembangan produk dan implementasi awal. Semua data di ambil dari WEB OLABS dengan link (<https://www.olabs.edu.in/>). Proses validasi dilakukan oleh ahli media dan ahli materi untuk menilai kelayakan isi dan desain produk. Sementara itu, implementasi dilakukan secara terbatas kepada 26 calon guru yaitu mahasiswa PGSD untuk mengetahui keterbacaan, kemudahan penggunaan, serta persepsi mereka terhadap kualitas petunjuk praktikum. Hasil implementasi awal ini akan menjadi dasar penyempurnaan produk untuk penelitian lanjutan.

Diagram Alir Penelitian

Berikut diagram alir (*flowchart*) yang menggambarkan tahapan penelitian dari awal sampai akhir:



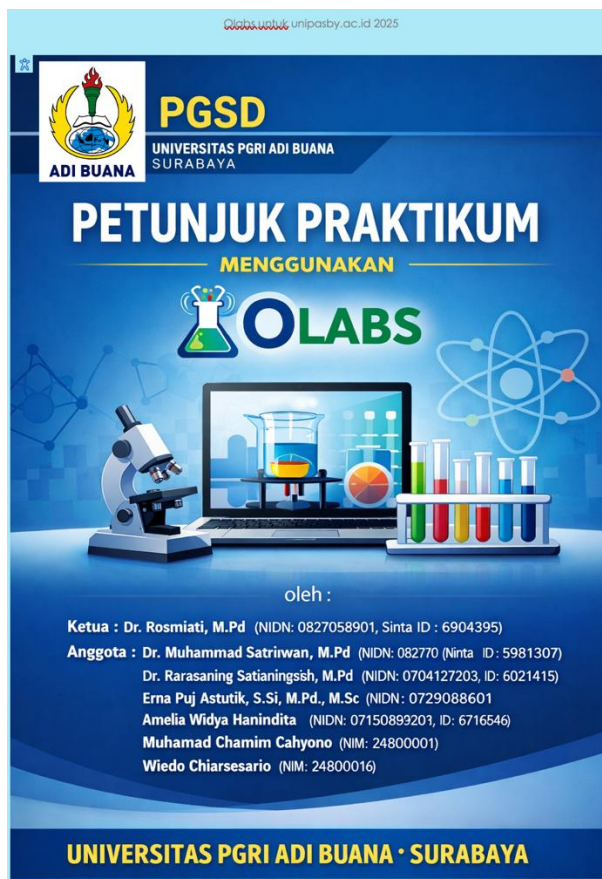
Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap analisis dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi awal pembelajaran praktikum sains pada Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar (PGSD), khususnya terkait pemanfaatan laboratorium virtual dan kesesuaiannya dengan pendekatan pembelajaran mendalam (*deep learning*). Hasil analisis menunjukkan bahwa pelaksanaan praktikum sains di PGSD masih menghadapi berbagai kendala, antara lain keterbatasan sarana laboratorium fisik, keterbatasan waktu pelaksanaan praktikum, serta hambatan logistik dalam penyediaan alat dan bahan. Kondisi tersebut berdampak pada terbatasnya kesempatan mahasiswa untuk memperoleh pengalaman praktikum yang utuh dan bermakna. Laboratorium virtual sebagai alternatif pembelajaran praktikum telah mulai diperkenalkan, salah satunya melalui platform OLABS (Online Labs) yang menyediakan simulasi eksperimen sains berbasis web. Secara teknis, OLABS memiliki potensi untuk mendukung pembelajaran praktikum karena bersifat fleksibel, mudah diakses, serta mencakup berbagai materi eksperimen sains. Namun, hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan OLABS dalam pembelajaran PGSD masih cenderung berorientasi pada pelaksanaan prosedur eksperimen semata, tanpa disertai penguatan pemahaman konseptual, aktivitas reflektif, maupun integrasi dengan tujuan pembelajaran yang menuntut kedalaman berpikir mahasiswa.

1. Design

Tahap desain dalam penelitian ini dilakukan sebagai tindak lanjut dari hasil analisis kebutuhan pembelajaran praktikum sains pada mahasiswa PGSD. Tahap ini bertujuan untuk merancang struktur, konten, dan alur pembelajaran petunjuk praktikum laboratorium virtual berbasis OLABS yang terintegrasi dengan pendekatan *deep learning*. Perancangan produk difokuskan pada upaya menjembatani potensi teknologi laboratorium virtual dengan kebutuhan pedagogis calon guru sekolah dasar. Integrasi pendekatan *deep learning* dalam desain petunjuk praktikum diwujudkan melalui penyusunan aktivitas yang menuntut mahasiswa untuk mengamati, menganalisis, menginterpretasi data hasil simulasi, serta merefleksikan keterkaitan antara konsep sains dan fenomena nyata. Dengan demikian, mahasiswa tidak hanya mengikuti langkah eksperimen secara mekanis, tetapi diarahkan untuk memahami alasan ilmiah di balik setiap tahapan praktikum. Pendekatan ini sejalan dengan karakteristik pembelajaran mendalam yang menekankan keterhubungan konsep, refleksi, dan transfer pengetahuan ke situasi baru. Selain aspek pedagogis, tahap desain juga memperhatikan keterbacaan dan kemudahan penggunaan petunjuk praktikum. Bahasa yang digunakan dirancang komunikatif namun tetap akademis, disesuaikan dengan karakteristik mahasiswa PGSD sebagai calon guru SD. Tampilan petunjuk praktikum disusun secara sistematis dan visual-friendly agar mudah dipahami ketika digunakan bersamaan dengan simulasi OLABS. Hal ini dimaksudkan untuk mendukung pengalaman belajar yang efektif dan meminimalkan hambatan teknis selama pelaksanaan praktikum virtual.



Gambar 2. Desain Petunjuk Pratikum

Hasil dari tahap desain ini berupa draf awal petunjuk praktikum laboratorium virtual berbasis OLABS yang telah terstruktur secara pedagogis dan siap memasuki tahap pengembangan. Desain produk ini menjadi landasan utama dalam proses validasi ahli dan pengembangan lebih lanjut, sehingga diharapkan mampu menghasilkan petunjuk praktikum yang valid, praktis, dan relevan dengan kebutuhan pembelajaran calon guru sekolah dasar.

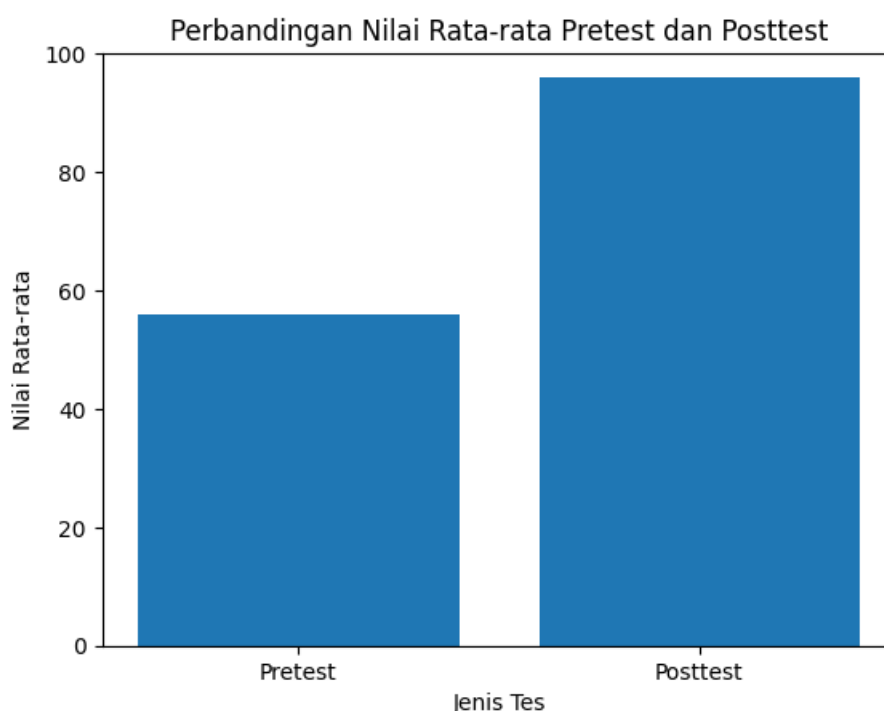
2. Development

Tahap pengembangan dilakukan untuk merealisasikan desain petunjuk praktikum laboratorium virtual berbasis OLABS yang telah disusun pada tahap sebelumnya. Pada tahap ini, draf awal petunjuk praktikum dikembangkan menjadi produk awal yang operasional dengan struktur pembelajaran yang terintegrasi pendekatan *deep learning*. Setiap petunjuk praktikum disusun secara sistematis, meliputi tujuan pembelajaran, pengantar konsep, orientasi masalah, eksplorasi simulasi OLABS, aktivitas analisis data, serta pertanyaan reflektif yang mendorong pemahaman konseptual mahasiswa. Integrasi *deep learning* diwujudkan melalui pengembangan aktivitas yang menuntut mahasiswa mengamati, menganalisis, menginterpretasi, dan merefleksikan hasil simulasi, sehingga praktikum tidak hanya bersifat prosedural tetapi juga bermakna secara konseptual. Selain itu, aspek keterbacaan dan kemudahan penggunaan juga diperhatikan melalui penyempurnaan bahasa dan tampilan agar sesuai dengan karakteristik mahasiswa PGSD. Produk awal yang dihasilkan selanjutnya divalidasi oleh ahli materi dan ahli media untuk menilai

kelayakan isi dan tampilan. Hasil validasi digunakan sebagai dasar revisi produk sehingga petunjuk praktikum yang dikembangkan dinyatakan layak dan siap untuk diimplementasikan secara terbatas. Produk lengkap hasil pengembangan bisa diunggah pada link : [Petunjuk Pratikum Olabs PGSD](#)

3. Implementation

Tahap implementasi dilakukan secara terbatas terhadap 26 mahasiswa Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar (PGSD) untuk menguji efektivitas awal petunjuk praktikum laboratorium virtual berbasis OLABS yang terintegrasi dengan pendekatan *deep learning*. Sebelum pelaksanaan praktikum, mahasiswa diberikan tes awal (*pretest*) untuk mengukur kemampuan awal pemahaman konsep sains. Hasil *pretest* menunjukkan nilai rata-rata sebesar 56. Setelah mahasiswa mengikuti kegiatan praktikum menggunakan petunjuk praktikum yang dikembangkan, dilakukan tes akhir (*posttest*) untuk mengukur capaian pemahaman konsep setelah pembelajaran. Hasil *posttest* menunjukkan nilai rata-rata sebesar 96. Perbandingan hasil *pretest* dan *posttest* mengindikasikan adanya peningkatan yang sangat tinggi pada pemahaman konsep sains mahasiswa. Nilai N-gain sebesar 0,91 berada pada kategori tinggi, yang menunjukkan bahwa petunjuk praktikum laboratorium virtual berbasis OLABS efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa. Hasil ini menguatkan bahwa integrasi pendekatan *deep learning* dalam praktikum virtual mampu mendorong pembelajaran yang lebih bermakna dan mendalam bagi mahasiswa PGSD sebagai calon guru sekolah dasar.

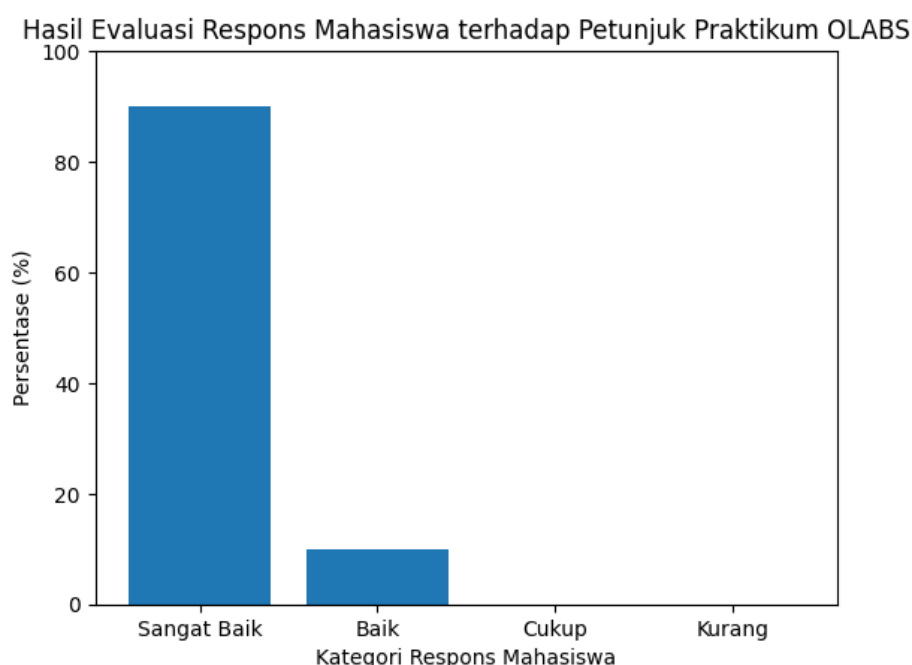


Gambar 3. Hasil Implementasi Petunjuk Pratikum

4. Evaluation

Tahap evaluasi dilakukan untuk memperoleh gambaran respons mahasiswa terhadap penggunaan petunjuk praktikum laboratorium virtual berbasis OLABS yang terintegrasi dengan pendekatan *deep learning*. Evaluasi difokuskan pada aspek

keterbacaan petunjuk praktikum, kemudahan penggunaan, kejelasan alur pembelajaran, serta kebermanfaatannya dalam membantu pemahaman konsep sains. Hasil evaluasi berdasarkan angket respons mahasiswa menunjukkan bahwa secara keseluruhan respons mahasiswa berada pada kategori sangat baik. Mahasiswa menilai bahwa petunjuk praktikum mudah dipahami, sistematis, dan membantu mengarahkan proses praktikum virtual secara jelas. Integrasi aktivitas analisis dan refleksi dinilai mampu meningkatkan keterlibatan mahasiswa serta mempermudah pemahaman konsep sains yang dipelajari melalui simulasi OLABS. Selain itu, mahasiswa memberikan respons positif terhadap tampilan dan bahasa petunjuk praktikum yang dinilai komunikatif dan sesuai dengan karakteristik mahasiswa PGSD. Petunjuk praktikum juga dinilai mampu meminimalkan hambatan teknis selama praktikum virtual dan memberikan pengalaman belajar yang lebih terstruktur dan bermakna. Hasil evaluasi ini menunjukkan bahwa petunjuk praktikum laboratorium virtual berbasis OLABS memiliki tingkat penerimaan yang sangat baik dan layak digunakan sebagai perangkat pendukung pembelajaran praktikum sains bagi calon guru sekolah dasar.



Gambar 4. Hasil Respon Mahasiswa

Pembahasan

Hasil penelitian ini secara komprehensif menunjukkan bahwa pengembangan petunjuk praktikum laboratorium virtual berbasis OLABS yang terintegrasi dengan pendekatan *deep learning* mampu menjawab permasalahan mendasar pembelajaran praktikum sains pada Program Studi PGSD, khususnya keterbatasan sarana laboratorium, waktu praktik, serta kecenderungan pembelajaran praktikum yang selama ini bersifat prosedural dan dangkal secara konseptual. Pada tahap analisis, teridentifikasi adanya kesenjangan antara tuntutan kompetensi calon guru sekolah dasar di era Society 5.0 yang menekankan kemampuan berpikir kritis, reflektif, dan adaptif terhadap teknologi dengan praktik pemanfaatan laboratorium virtual yang

belum diarahkan secara pedagogis. Kesenjangan ini kemudian dijembatani melalui tahap desain dengan merancang petunjuk praktikum yang tidak hanya memuat langkah teknis eksperimen, tetapi juga menyusun alur pembelajaran yang menuntut mahasiswa untuk mengamati fenomena, menganalisis dan menginterpretasi data hasil simulasi, serta merefleksikan keterkaitan antara konsep sains dan fenomena nyata, sesuai dengan karakteristik pembelajaran mendalam. Implementasi desain tersebut pada tahap pengembangan diwujudkan dalam bentuk produk petunjuk praktikum yang terstruktur secara sistematis, komunikatif, dan mudah digunakan, sehingga berfungsi sebagai scaffolding pedagogis yang mengarahkan proses berpikir mahasiswa selama praktikum virtual berlangsung.

Efektivitas desain dan pengembangan ini tercermin secara jelas pada tahap implementasi, di mana terjadi peningkatan hasil belajar yang sangat signifikan dari nilai rata-rata pretest sebesar 56 menjadi nilai rata-rata posttest sebesar 96, dengan nilai N-gain sebesar 0,91 yang berada pada kategori tinggi. Peningkatan ini menunjukkan bahwa pembelajaran praktikum yang dipadukan dengan petunjuk berbasis *deep learning* tidak hanya meningkatkan capaian kognitif, tetapi juga mendorong pemahaman konseptual yang lebih mendalam, karena mahasiswa tidak lagi sekadar mengikuti prosedur simulasi, melainkan memahami alasan ilmiah di balik setiap tahapan eksperimen (Budhiarti et al., 2025; Down et al., 2025; Fukuda et al., 2021; Kamuntavičius et al., 2024; Rui et al., 2024). Temuan ini sejalan dengan berbagai hasil penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa laboratorium virtual efektif meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan proses sains apabila diintegrasikan dengan pendekatan pembelajaran aktif, inkuiri, dan reflektif, serta tidak digunakan secara instruksional-mekanis semata (Access, 2023; Application et al., 2022; Dodevska et al., 2025; Finkelstein, 2025; Habibulloh et al., 2024; Halimatul Mu, 2022; Ikhsan et al., 2020; Maddipatla et al., 2025; Reginald, 2023; Upayogi & Juliawan, 2019). Lebih lanjut, hasil evaluasi yang menunjukkan respons mahasiswa pada kategori sangat baik memperkuat temuan kuantitatif tersebut, karena menandakan bahwa petunjuk praktikum yang dikembangkan memiliki tingkat keterterimaan dan kepraktisan yang tinggi, baik dari aspek keterbacaan, kemudahan penggunaan, kejelasan alur pembelajaran, maupun kebermanfaatannya dalam membantu mahasiswa memahami konsep sains.

Respons positif ini juga mengindikasikan bahwa integrasi teknologi laboratorium virtual dengan desain pedagogis yang tepat mampu meningkatkan motivasi dan keterlibatan belajar mahasiswa, sebagaimana dilaporkan dalam berbagai studi sebelumnya terkait persepsi positif pengguna terhadap virtual laboratory yang dirancang secara sistematis (Rakhman & Satriawan, 2024; Rosmiati & Satriawan, 2022; Satriawan et al., 2020, 2024; Satriawan & Rosmiati, 2017; Zakaria et al., n.d.). Dengan demikian, secara keseluruhan hasil penelitian ini menegaskan bahwa keberhasilan penerapan laboratorium virtual dalam pendidikan calon guru tidak semata-mata ditentukan oleh kecanggihan platform teknologi yang digunakan, melainkan sangat bergantung pada kualitas desain petunjuk praktikum yang mampu mengarahkan mahasiswa untuk berpikir secara mendalam, reflektif, dan konseptual, sehingga pembelajaran praktikum sains menjadi lebih bermakna dan relevan dengan kebutuhan kompetensi calon guru sekolah dasar.



KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa pengembangan petunjuk praktikum laboratorium virtual berbasis OLABS yang terintegrasi dengan pendekatan *deep learning* berhasil menjawab permasalahan pembelajaran praktikum sains pada Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar (PGSD), khususnya terkait keterbatasan sarana laboratorium fisik, waktu praktik, serta kecenderungan pembelajaran praktikum yang bersifat prosedural. Melalui tahapan pengembangan model ADDIE, penelitian ini menghasilkan produk petunjuk praktikum yang terstruktur secara pedagogis, komunikatif, dan mudah digunakan, serta mampu berfungsi sebagai scaffolding pembelajaran yang mengarahkan mahasiswa untuk berpikir secara mendalam dan reflektif. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa petunjuk praktikum laboratorium virtual berbasis OLABS yang dikembangkan bersifat valid, praktis, dan efektif sebagai perangkat pendukung pembelajaran praktikum sains bagi mahasiswa PGSD sebagai calon guru sekolah dasar. Produk ini berpotensi untuk diintegrasikan lebih lanjut dalam perencanaan pembelajaran (RPS) dan dikembangkan pada skala yang lebih luas sebagai upaya peningkatan kualitas pembelajaran sains di Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK)

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, khususnya Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), atas dukungan dan kepercayaan yang telah diberikan melalui hibah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Access, O. (2023). *Learning analytics in virtual laboratories : a systematic literature review of empirical research*. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00244-y>
- Application, F., Gargalo, L., Gernaey, V., Caccavale, F., Engineering, B., Gargalo, C. L., Engineering, B., Gernaey, K. V., Engineering, B., & Engineering, B. (2022). *To be fair : ethical and fair application of artificial intelligence in virtual laboratories*. 1022–1030. <https://doi.org/10.5821/conference-9788412322262.1398>
- Budhiarti, Y., Mytra, P., & Slow, L. (2025). The Role of Deep Learning in Elementary Education : Pedagogical Insights from a Literature Study. *Jurnal Pedagogi Dan Inovasi Pendidikan*, 1(2), 42–51.
- Dodevska, M., Zdravevski, E., Chorbev, I., Kostoska, M., Branco, F., Jorge, P., Miguel, I., & Lameski, P. (2025). Social Sciences & Humanities Open Virtual reality as a learning tool : Evaluating the use and effectiveness of simulation laboratories in educational settings. *Social Sciences & Humanities Open*, 12(July), 101742. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101742>
- Down, S., Read, T. O., & Article, T. (2025). *Utilization of deep learning for the implementation of pancasila philosophy in pancasila education in christian middle schools*. 11(3).



- Finkelstein, N. D. (2025). *Leveraging AI for Rapid Generation of Physics Simulations in Education: Building Your Own Virtual Lab*. October.
- Fukuda, T., Novak, M., Fujii, H., & Pencreatch, Y. (2021). Virtual reality rendering methods for training deep learning, analysing landscapes, and preventing virtual reality sickness. *International Journal of Architectural Computing*, 19(2), 190–207. <https://doi.org/10.1177/1478077120957544>
- Giles, R. M. (2021). Science, technology, and literacy? Assessing the potential for children's reading and writing in four science centres. *International Journal of Early Years Education*, 29(1), 88–95. <https://doi.org/10.1080/09669760.2020.1759400>
- Habibulloh, M., Satriawan, M., Zakaria, A., & Sya'roni, I. (2024). Designing e-Book of Basic Physics Fluid Series with Assistant of Virtual Laboratory to Improve Critical Thinking Skills. *Physics Education Research Journal*, 6(2), 75–84. <https://doi.org/10.21580/perj.2024.6.2.23410>
- Halimatul Mu, I. (2022). Pengaruh Penggunaan Aplikasi Pratikum Virtual Lab Berbasis Olabs (Online Laboratory) Terhadap Hasil Belajar Siswa. *Indonesian Journal Of Community Service*, 2(103), 281496.
- Herayanti, L. (2015). *Pengaruh Penggunaan Laboratorium Virtual Terhadap*. I(2).
- Ikhsan, J., Sugiyarto, K. H., Astuti, T. N., Yogyakarta, U. N., & Indonesia, Y. (2020). *Fostering Student ' s Critical Thinking through a Virtual Reality Laboratory*. 14(8), 183–195.
- Kamuntavičius, G., Prat, A., Paquet, T., Bastas, O., Aty, H. A., Sun, Q., Andersen, C. B., Harman, J., Siladi, M. E., Rines, D. R., Flatters, S. J. L., & Tal, R. (2024). Accelerated hit identification with target evaluation , deep learning and automated labs : prospective validation in IRAK1. *Journal of Cheminformatics*. <https://doi.org/10.1186/s13321-024-00914-0>
- Maddipatla, Y., Tian, S., Liang, X., & Zheng, M. (2025). *VR Co-Lab : A Virtual Reality Platform for Human – Robot Disassembly Training and Synthetic Data Generation*. 1–32.
- Peningkatan Kompetensi Guru SD Kecamatan Tarik_ OLABS, Media Inovatif Berbasis IT untuk Penguatan Deep Learning -. (n.d.).
- Rakhman, F., & Satriawan, M. (2024). *Investigating the Pedagogic Competence of Pre-Service High School Teachers in Terms of Learning Planning Abilities*. 5(1). <https://doi.org/10.46627/silet>
- Reginald, G. (2023). Teaching and learning using virtual labs : Investigating the effects on students ' self- regulation Teaching and learning using virtual labs : Investigating the effects on students ' self- regulation. *Cogent Education*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2172308>
- Rosmiati, R., Liliasari, L., Tjasyono, B., Ramalis, T. R., & Satriawan, M. (2020). Analysis of Pre-Service Teachers' Reflective Thinking Ability Profile on Earth Physics Lectures. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 56–63. <https://doi.org/10.26618/jpf.v8i1.3111>



- Rosmiati, R., & Satriawan, M. (2022). Pengembangan Modul Digital Materi Kebumihan Untuk Meningkatkan Literasi Iklim Di Indonesia. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(2), 177–189. <http://www.uniflor.ac.id/e-journal/index.php/optika/article/view/2268>
- Rui, L., Nasri, N. B. M., & Mahmud, N. D. B. (2024). The Role of Self-Directed Learning in Promoting Deep Learning Processes: A Systematic Literature Review. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 13(4), 1–24. <https://doi.org/10.6007/ijarped/v13-i4/24374>
- Satriawan, M., Hariyono, E., Kholiq, A., & Satriawan, M. (2024). Ocean wave energy learning project (OWELP): a program to communicate alternative energy technology communicate alternative energy technology. *Research in Science & Technological Education*, 00(00), 1–24. <https://doi.org/10.1080/02635143.2024.2400950>
- Satriawan, M., Liliyasi, S., & Setiawan, W. (2020). Physics learning based contextual problems to enhance students ' creative thinking skills in fluid topic Physics learning based contextual problems to enhance students ' creative thinking skills in fluid topic. *Journal of Physics: Conference Series PAPER*, 1521(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022036>
- Satriawan, M., & Rosmiati, R. (2017). Pengembangan Bahan Ajar Fisika Berbasis Kontekstual Dengan Mengintegrasikan Kearifan Lokal Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Pada Mahasiswa. *JPPS (Jurnal Penelitian Pendidikan Sains)*, 6(1), 1212. <https://doi.org/10.26740/jpps.v6n1.p1212-1217>
- Satriawan, M., Rosmiati, R., Saputra, O., & Habibbulloh, M. (2022). Improving Critical Thinking Skills (CTS) of Students Through Wave Energy Learning Project (WELP) on Environmental Physics Lecture. *Journal of Physics: Conference Series*, 2392(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2392/1/012038>
- Setiawan, A., Suhandi, A., Kaniawati, I., No, J. S., Keguruan, F., & Bengkulu, U. (2018). Model Higher Order Thinking Virtual Laboratory : Model Pratikum Fisika Berbasis Keterampilan Berpikir Kritis Dan Pemecahan Masalah. In *Jep* (Vol. 3, Issue 5, pp. 1–5).
- Upayogi, I. N. T., & Juliawan, I. W. (2019). Reduksi Miskonsepsi Melalui Pembelajaran Berbasis Virtual Lab. *Journal of Teaching and Learning Physics*, 4(2), 45–53. <https://journal.uinsgd.ac.id/index.php/jtlp/article/view/5611>
- Utaminingsih, E. S., Ellianawati, E., Widiarti, N., Sumartiningsih, S., & Puspita, M. A. (2023). a Systematic Review: Digital Literacy for Strengthening Character in Facing the Era of Society 5.0. *Research and Development Journal of Education*, 9(2), 638. <https://doi.org/10.30998/rdje.v9i2.15173>
- Wibawanto, W. (2020). Laboratorium virtual. *Semarang: LPPM UNNES*, July, i+188.
- Zakaria, A., Anggaryani, M., Satriawan, M., & Gunaifi, A. (n.d.). *Buku Digital Berbasis Media Pembelajaran Ar Dan Permainan Maze Chase Pada Materi Medan Magnet AR-Based Digital Book and Maze Chase Game as Learning Media for Magnetic Field Material*.

