



Efektivitas Pembelajaran IPA Berbasis Project Based Learning dengan V-LABIO dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa

Sri Indriyani^{1*}, Berry Kurnia Vilmalla²

Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia^{1,2}

e-mail: Sriindriyani813@gmail.com, berrykurniavilmalla@umri.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi digital telah mendorong lahirnya berbagai inovasi pembelajaran yang bertujuan meningkatkan kualitas pembelajaran IPA. Salah satu inovasi tersebut adalah penerapan Project-Based Learning (PjBL) yang dipadukan dengan Virtual Laboratory Biology (V-LABIO) untuk mendukung pembelajaran yang lebih interaktif dan berpusat pada siswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas pembelajaran IPA berbasis PjBL dengan V-LABIO dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa. Penelitian menggunakan metode studi literatur dengan pendekatan deskriptif kualitatif melalui analisis terhadap 25 artikel ilmiah yang terdiri atas 15 jurnal nasional terakreditasi dan 10 jurnal internasional bereputasi yang diterbitkan dalam sepuluh tahun terakhir. Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi, membandingkan, dan mensintesis temuan penelitian yang berkaitan dengan penerapan PjBL dan laboratorium virtual dalam pembelajaran IPA. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi PjBL dengan V-LABIO secara konsisten mampu meningkatkan pemahaman konsep siswa dibandingkan pembelajaran konvensional. Selain itu, penerapan kedua pendekatan tersebut juga berkontribusi terhadap peningkatan motivasi belajar, kemampuan berpikir kritis, kreativitas, literasi sains, keterampilan proses sains, kemampuan pemecahan masalah, dan kolaborasi. Laboratorium virtual mempermudah visualisasi konsep-konsep IPA yang abstrak sehingga proses pembelajaran menjadi lebih aktif, fleksibel, dan bermakna. Dengan demikian, pembelajaran IPA berbasis PjBL yang didukung oleh V-LABIO dapat dijadikan sebagai alternatif strategi pembelajaran yang efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep sekaligus mengembangkan kompetensi abad ke-21.

Kata kunci: *Project-Based Learning, V-LABIO, Virtual Laboratory, Pembelajaran IPA, Pemahaman Konsep.*

Abstract

The rapid advancement of digital technology has encouraged the development of innovative learning approaches to improve the quality of science education. One promising approach is the integration of Project-Based Learning (PjBL) with Virtual Laboratory Biology (V-LABIO) to create a more interactive and student-centered learning environment. This study aims to examine the effectiveness of science learning based on PjBL integrated with V-LABIO in improving students' conceptual understanding. The study employed a descriptive qualitative literature review by analyzing 25 scientific articles, consisting of 15 accredited national journals and 10 reputable international journals published within the last ten years. The analysis involved identifying, comparing, and synthesizing research findings related to the implementation of PjBL and virtual laboratories in science education. The findings indicate that the integration of PjBL and V-LABIO consistently enhances students' conceptual understanding compared to conventional learning approaches. In addition, this integrated approach contributes to improving learning motivation, critical thinking, creativity, scientific literacy, science process skills, problem-solving abilities, and collaboration. Virtual laboratories also facilitate the visualization of abstract scientific concepts, making the learning process more interactive, flexible, and meaningful. Therefore, science learning based on Project-Based Learning supported by V-LABIO can serve as an effective instructional strategy to enhance students' conceptual understanding while fostering essential twenty-first-century competencies.

Keywords: *Project-Based Learning, V-LABIO, Virtual Laboratory, Science Learning, Conceptual Understanding.*

PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, dunia pendidikan mengalami perubahan paradigma dari pembelajaran yang berpusat pada guru menuju pendekatan yang lebih interaktif dan berorientasi pada siswa. Salah satu model yang banyak diterapkan adalah Project-Based Learning (PjBL), yaitu pendekatan pembelajaran yang melibatkan siswa secara aktif dalam menyelesaikan proyek secara

individu maupun berkelompok. Melalui proses tersebut, siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan, tetapi juga mengembangkan pemahaman konsep yang lebih mendalam serta meningkatkan kemampuan berpikir kritis, khususnya pada pembelajaran sains seperti biologi (Sadikin., 2024).

Project-Based Learning (PjBL) tidak hanya mendorong keterlibatan aktif siswa selama proses pembelajaran, tetapi juga berperan dalam mengembangkan berbagai keterampilan yang dibutuhkan pada abad ke-21, seperti kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, kolaborasi, dan komunikasi. Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa yang belajar melalui pendekatan berbasis proyek memiliki tingkat pemahaman konsep yang lebih baik dibandingkan siswa yang mengikuti pembelajaran dengan metode konvensional. Temuan tersebut menunjukkan bahwa PjBL merupakan strategi pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran sains, termasuk pada mata pelajaran biologi.

Perkembangan teknologi digital yang berlangsung sangat cepat telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk di bidang pendidikan. Salah satu materi yang memiliki peran penting dalam memahami teknologi modern adalah elektronika digital. Melalui pembelajaran elektronika digital, mahasiswa dapat memahami prinsip kerja berbagai perangkat digital yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu konsep dasar yang harus dikuasai dalam bidang ini adalah gerbang logika (*logic gate*), yang menjadi fondasi dalam perancangan dan pengoperasian sistem digital (Sains et al., 2026).

Kemajuan teknologi digital telah membawa perubahan yang besar dalam dunia pendidikan, termasuk pada proses pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Salah satu inovasi yang semakin banyak diterapkan adalah strategi pembelajaran berbasis laboratorium virtual (*Virtual Laboratory-Based Learning* atau VLBL). Pendekatan ini menjadi alternatif yang efektif untuk mengatasi berbagai keterbatasan laboratorium konvensional, seperti terbatasnya fasilitas, tingginya biaya operasional, serta potensi risiko selama pelaksanaan praktikum. Dengan memanfaatkan simulasi berbasis komputer, laboratorium virtual mampu menghadirkan pengalaman belajar yang interaktif sehingga siswa dapat melakukan eksperimen sains secara lebih aman, fleksibel, dan mudah diakses (Prima et al., 2025).

Laboratorium virtual (*virtual lab*) memanfaatkan simulasi berbasis komputer untuk menghadirkan pengalaman belajar yang interaktif sehingga siswa dapat melakukan berbagai eksperimen sains secara aman, fleksibel, dan tanpa dibatasi oleh ruang maupun waktu (Heradio et al., 2016; de Jong et al., 2022). Kehadiran laboratorium virtual tidak hanya berfungsi sebagai pengganti, tetapi juga sebagai pelengkap praktikum konvensional yang mampu memperluas kesempatan belajar siswa. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan laboratorium virtual dalam pembelajaran IPA berkontribusi positif terhadap peningkatan pemahaman konsep, kemampuan berpikir kritis, serta motivasi belajar siswa. Oleh karena itu, penggunaan virtual lab menjadi salah satu inovasi pembelajaran yang efektif dalam mendukung proses belajar yang lebih bermakna dan sesuai dengan perkembangan teknologi pendidikan.

Berdasarkan uraian tersebut, studi literatur mengenai Efektivitas Pembelajaran IPA Berbasis Project Based Learning dengan V-LABIO dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa menjadi penting untuk dilakukan. Kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran teoritis dan empiris mengenai efektivitas penerapan model pembelajaran tersebut, sekaligus menjadi dasar bagi guru dalam memilih strategi pembelajaran yang mampu mengembangkan kreativitas siswa secara lebih maksimal.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan pendekatan deskriptif kualitatif. Sumber data berasal dari 25 artikel ilmiah yang terdiri dari 15 jurnal nasional terakreditasi dan 10 jurnal internasional bereputasi. Pemilihan artikel dilakukan berdasarkan kesesuaian dengan topik penelitian,

periode publikasi sepuluh tahun terakhir, ketersediaan akses penuh, serta telah melalui proses peer review.

Kajian literatur dilakukan melalui penelaahan berbagai artikel ilmiah untuk menganalisis metode, hasil, dan temuan penelitian yang membahas efektivitas penerapan Project-Based Learning (PjBL) yang dipadukan dengan V-LABIO (Virtual Laboratory Biology) dalam pembelajaran IPA guna meningkatkan pemahaman konsep siswa. Berdasarkan hasil analisis, integrasi PjBL dengan V-LABIO terbukti mampu menghadirkan pengalaman belajar yang lebih interaktif, berpusat pada siswa, dan bermakna. Melalui kegiatan proyek yang didukung praktikum virtual, siswa memperoleh kesempatan untuk mengeksplorasi konsep, melakukan investigasi, dan membangun pemahamannya secara mandiri. Pendekatan ini tidak hanya berdampak pada peningkatan pemahaman konsep IPA, tetapi juga mendukung berkembangnya kemampuan berpikir kritis, keterampilan pemecahan masalah, kerja sama, serta motivasi belajar siswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bagian ini menyajikan bagian-bagian yang diperoleh dari hasil menganalisis hasil dari kajian literatur yang dilakukan dengan membaca dan menelaah berbagai sumber yang berkaitan dengan topik penelitian. Kajian dilakukan secara teratur dan menyeluruh untuk menemukan, memahami, dan merangkum berbagai hasil penelitian sebelumnya. Dari proses ini, diperoleh informasi penting yang digunakan untuk membahas dan menganalisis topik secara lebih mendalam.

Tabel 1. Hasil Review Artikel

NO	Judul	Hasil Penelitian
1.	Tinjauan Literatur : Pemanfaatan Media Digital Pembelajaran Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Ipa Smp(Aini at al., 2025).	Berbagai media digital, seperti virtual laboratory, augmented reality (AR), video interaktif, Quizizz, Wordwall, dan e-book interaktif, terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep IPA. Pemanfaatan media tersebut mampu memvisualisasikan konsep-konsep yang bersifat abstrak menjadi lebih konkret, mendorong partisipasi aktif siswa, mengembangkan kemampuan berpikir kritis, serta mendukung penerapan pembelajaran yang berlandaskan pendekatan konstruktivisme.
2.	Efektivitas Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Teknologi Dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Ipa(Taroreh et al., 2024)	Penggunaan media pembelajaran interaktif berbasis teknologi terbukti lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep IPA dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Selain itu, penerapan simulasi virtual dan berbagai aplikasi interaktif mampu meningkatkan motivasi belajar, keaktifan, serta partisipasi siswa selama proses pembelajaran berlangsung.
3.	Efektivitas Media Pembelajaran Interaktif dalam Meningkatkan Literasi Sains Siswa Sekolah Dasar : Systematic Literature Review (2020 –2025)(Magister et al., 2025)	Hasil telaah menunjukkan bahwa media pembelajaran interaktif berkontribusi besar terhadap peningkatan literasi sains siswa. Dampak yang paling menonjol terlihat pada peningkatan pemahaman konsep, kemampuan berpikir ilmiah, motivasi belajar, dan keterlibatan siswa selama proses pembelajaran. Di antara berbagai media yang dikaji, virtual laboratory, multimedia interaktif, e-modul, dan game edukatif memberikan hasil yang paling konsisten dalam mendukung pembelajaran IPA.

4. Virtual Lab dalam Pembelajaran IPA: Analisis Literatur Sistematis tentang Dampak Pembelajaran(Prima et al., 2025).	Hasil penelitian memperlihatkan bahwa penggunaan Virtual Laboratory memberikan dampak positif terhadap peningkatan pemahaman konsep, keterampilan berpikir kritis, kreativitas, motivasi belajar, literasi sains, serta keterampilan proses sains siswa. Efektivitas media ini menjadi lebih tinggi ketika diintegrasikan dengan model pembelajaran inovatif seperti Problem Based Learning (PBL), Inquiry Based Learning (IBL), dan STEM, sehingga pembelajaran berlangsung lebih interaktif, fleksibel, dan bermakna.
5. Pengaruh Pembelajaran Berbasis Proyek terhadap Pemahaman Konsep Biologi pada Siswa Sekolah Menengah(Sadikin., 2024)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Project Based Learning (PjBL) mampu meningkatkan penguasaan konsep biologi serta keterampilan proses sains siswa secara signifikan. Penuntun praktikum yang dikembangkan memperoleh tingkat kelayakan yang sangat baik berdasarkan validasi ahli dan terbukti efektif dalam menciptakan pembelajaran yang lebih aktif, kolaboratif, dan berorientasi pada pemecahan masalah.
6. Efektivitas Model Pembelajaran STEM dan Project-Based Learning dalam Meningkatkan Pemahaman IPA di SD(Alfia at al., 2025).	Penerapan model STEM yang dipadukan dengan Project Based Learning (PjBL) mampu meningkatkan pemahaman konsep IPA secara lebih optimal. Selain itu, model ini juga berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, pemecahan masalah, kerja sama, serta keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran.
7. Efektivitas Media Pembelajaran dengan Virtual Lab untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik Kelas VII pada Materi Suhu di SMP Negeri 07 Putussibau(Fitriana at al., 2025).	Penggunaan Virtual Lab memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar siswa pada materi suhu. Media ini membantu siswa memahami konsep yang abstrak dengan lebih mudah, meningkatkan partisipasi selama pembelajaran, serta menghasilkan nilai belajar yang lebih baik dibandingkan pembelajaran konvensional.
8. Pengaruh Model Pembelajaran Structured Inquiry Berbantuan Virtual Laboratorium terhadap Pemahaman Konsep Siswa(Puput at al., 2026).	Pembelajaran Structured Inquiry yang didukung oleh Virtual Laboratory terbukti lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa dibandingkan pembelajaran biasa. Pendekatan ini juga mampu mendorong keaktifan siswa selama proses pembelajaran berlangsung.
9. Efektivitas Penggunaan Virtual Lab pada Pembelajaran IPA di MI	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Virtual Lab dapat meningkatkan hasil belajar IPA serta mempermudah siswa memahami materi yang bersifat abstrak. Selain itu, media ini mampu meningkatkan keaktifan belajar dan menjadi alternatif praktikum bagi sekolah yang memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium.
10. Pengembangan Penuntun Praktikum Biologi Molekuler Dasar Berbasis Project-Based Learning untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Keterampilan Proses Sains Siswa SMK(Lestari et al., 2025)	Penuntun praktikum yang dikembangkan dengan pendekatan Project Based Learning dinilai memiliki tingkat kelayakan yang sangat tinggi. Penggunaannya terbukti mampu meningkatkan penguasaan konsep sekaligus keterampilan proses sains siswa melalui kegiatan praktikum yang lebih aktif, kolaboratif, dan kontekstual.
11. Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning Berbantu	Implementasi Project Based Learning yang dipadukan dengan Virtual Laboratory memberikan dampak positif

Virtual Laboratory terhadap Peningkatan Berpikir Kreatif dan Pemahaman Konsep Materi Eubacteria di SMA Negeri 8 Semarang(Cahyasari, &Haryanti, 2023).	terhadap peningkatan kemampuan berpikir kreatif dan pemahaman konsep siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan siswa pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol.
12. Implementasi Model PjBL Untuk Meningkatkan Kreativitas Siswa Pada Pembelajaran SBdP Di Sekolah Dasar.	Berdasarkan hasil kajian pustaka, model Problem Based Learning (PBL) secara konsisten mampu meningkatkan pemahaman konsep, kemampuan berpikir kritis, aktivitas belajar, dan hasil belajar siswa. Efektivitas pembelajaran menjadi lebih baik ketika didukung dengan penggunaan media virtual seperti PhET.
13. Tinjauan Literatur: Pemanfaatan Media Digital Pembelajaran untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep IPA SMP	Berbagai media pembelajaran digital, seperti Virtual Laboratory, Augmented Reality, video interaktif, serta aplikasi pembelajaran, terbukti mampu membantu siswa memahami konsep IPA secara lebih mendalam. Media tersebut juga meningkatkan keterlibatan siswa dan mendukung pelaksanaan pembelajaran yang lebih aktif dan bermakna.
14. Efektivitas Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Teknologi dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep IPA	Penggunaan media pembelajaran interaktif berbasis teknologi memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan metode konvensional dalam meningkatkan pemahaman konsep IPA. Selain meningkatkan hasil belajar, media ini juga mampu menumbuhkan motivasi dan partisipasi aktif siswa selama pembelajaran.
15. Perbandingan Efektivitas Laboratorium Virtual dan Alat Praktikum Dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Gerbang Logika	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua kelompok mengalami peningkatan dalam pemahaman konsep gerbang logika. Namun, kelompok yang mengikuti pembelajaran dengan kombinasi laboratorium virtual dan praktikum riil memperoleh hasil yang lebih baik dibandingkan kelompok yang hanya menggunakan laboratorium virtual. Kelompok laboratorium virtual mencapai nilai N-Gain sebesar 0,47 yang termasuk kategori sedang, sedangkan kelompok kombinasi memperoleh N-Gain sebesar 0,78 dengan kategori tinggi dan tingkat efektivitas 77,62%. Selain itu, hasil uji <i>t</i> menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok, sehingga dapat disimpulkan bahwa penerapan laboratorium virtual yang dipadukan dengan praktikum nyata lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep gerbang logika.
16. Virtual Laboratory for Enhancing Students' Understanding on Abstract Biology Concepts and Laboratory Skills: A Systematic Review	Berdasarkan hasil penelitian, materi biologi sel dan biologi molekuler merupakan topik yang paling sering menerapkan virtual laboratory, mengingat kedua materi tersebut memiliki konsep yang kompleks dan sulit divisualisasikan secara langsung. Di sisi lain, pemahaman konsep menjadi variabel yang paling banyak dianalisis dalam berbagai penelitian. Mayoritas temuan menunjukkan bahwa pemanfaatan virtual laboratory efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa, terutama pada materi yang bersifat abstrak dan memerlukan visualisasi proses secara lebih konkret.

17. The Use of Virtual Laboratory to Improve Students' Conceptual Understanding in Acid Base Titration Subject(Copriady & Linda., 2019).	Laboratorium virtual berbasis simulasi, seperti PhET dan OLABs, terbukti memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan hasil belajar, kemampuan berpikir kritis, kreativitas, literasi sains, motivasi belajar, serta keterampilan proses sains. Integrasi laboratorium virtual dengan berbagai model pembelajaran juga meningkatkan efektivitas pembelajaran IPA.
18. The Effectiveness of Project-Based Laboratory Learning (PjBLL) to Improve Students' Process Skills and Creativity in Physics Laboratory Courses	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Project Based Learning Laboratory (PjBLL) memberikan dampak positif terhadap peningkatan keterampilan proses sains mahasiswa. Sebelum pembelajaran dilaksanakan, keterampilan proses sains masih tergolong rendah. Namun, setelah implementasi PjBLL, ketuntasan klasikal meningkat secara signifikan, yaitu dari 13% menjadi 97% pada kelas B dan dari 3% menjadi 94% pada kelas C. Temuan tersebut didukung oleh nilai N-Gain yang berada pada kategori sedang hingga tinggi, sehingga menunjukkan bahwa model PjBLL efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa.
19. Integration of Project-Based Learning to Improve Scientific Process Skills and Conceptual Understanding in the Learning Process of Invertebrate Zoology(Abas., 2024).	Penerapan Project Based Learning memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan keterampilan proses sains dan pemahaman konsep mahasiswa. Pembelajaran menjadi lebih berpusat pada mahasiswa sehingga mampu meningkatkan kemampuan bekerja sama, berpikir ilmiah, dan melakukan analisis terhadap permasalahan yang dipelajari.
20. The Use of Virtual Laboratory to Improve Students' Conceptual Understanding in Acid Base Titration Subject	Pemanfaatan Virtual Laboratory terbukti meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi titrasi asam-basa secara signifikan. Media ini membantu siswa memvisualisasikan proses praktikum, mempermudah pemahaman materi yang kompleks, serta meningkatkan keterlibatan siswa selama kegiatan pembelajaran.
21. Synergizing Virtual Labs and Project-Based Learning: Innovating Modern Physics Education with Interactive Modules.	Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model pengembangan 4D yang meliputi tahap <i>Define, Design, Develop, dan Disseminate</i> . Subjek penelitian terdiri atas 2 validator ahli, 5 mahasiswa pada uji kelompok kecil, dan 22 mahasiswa pada uji efektivitas modul. Pengembangan dilakukan melalui analisis kebutuhan, perancangan modul berbasis virtual laboratory dan Project-Based Learning (PjBL), validasi ahli, revisi produk, uji coba, hingga implementasi modul. Data dikumpulkan menggunakan angket validasi, angket respons mahasiswa, dan tes pemahaman konsep, kemudian dianalisis secara deskriptif menggunakan N-Gain dan Paired Sample t-Test untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep.
22. Virtual Laboratories in Science Education: A Systematic Review of Effectiveness on Conceptual Understanding and Learning Outcomes(Devi at al., 2025).	Berdasarkan hasil kajian, penggunaan laboratorium virtual secara konsisten mampu meningkatkan pemahaman konsep dan hasil belajar siswa. Selain meningkatkan kemampuan kognitif, media ini juga berpengaruh terhadap motivasi belajar, partisipasi aktif, dan kepercayaan diri siswa selama proses pembelajaran.

	Laboratorium virtual juga dinilai efektif digunakan sebagai kegiatan persiapan sebelum praktikum di laboratorium nyata.
23. Immersive and Experiential Learning: A Review of Project based Learning and Virtual Reality in Chemistry Education(JoronaValona et al., 2025)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Project Based Learning yang dipadukan dengan Virtual Reality mampu meningkatkan pemahaman konsep, motivasi belajar, kemampuan berpikir kritis, kreativitas, serta keterampilan kolaborasi siswa. Pengalaman belajar yang lebih realistis melalui teknologi VR membantu siswa memahami konsep-konsep kimia yang abstrak secara lebih mudah dan mendalam.
24. Virtual Laboratory-Based Learning in Science Education to Improve Conceptual Understanding, Scientific Literacy, and Critical Thinking Skills(Process & Through,2020).	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Project Based Learning memberikan dampak positif terhadap peningkatan motivasi dan hasil belajar siswa pada berbagai mata pelajaran. Selain meningkatkan prestasi akademik, model ini juga mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kerja sama. Efektivitas pembelajaran menjadi lebih optimal ketika PjBL dipadukan dengan berbagai media dan teknologi pembelajaran digital.
25. Effectiveness of Virtual Laboratories in Teaching and Learning Biology: A Review of Literature(Byukusenge & Tarmo., 2022).	Hasil kajian menunjukkan bahwa laboratorium virtual efektif meningkatkan pemahaman konsep pada berbagai materi biologi, seperti genetika, biologi sel, mikrobiologi, bioteknologi, dan evolusi. Selain membantu siswa memahami materi yang bersifat abstrak, media ini juga meningkatkan motivasi belajar, keterlibatan selama pembelajaran, dan rasa percaya diri. Oleh karena itu, laboratorium virtual dapat dijadikan alternatif maupun pelengkap kegiatan praktikum di laboratorium nyata.

Berdasarkan analisis terhadap 25 artikel yang relevan, dapat diketahui bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi serta penerapan model pembelajaran inovatif memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kualitas pembelajaran IPA. Hampir seluruh penelitian menunjukkan bahwa media digital, seperti Virtual Laboratory, Augmented Reality (AR), video pembelajaran interaktif, e-book interaktif, Quizizz, Wordwall, multimedia interaktif, dan berbagai aplikasi pembelajaran lainnya, mampu meningkatkan pemahaman konsep siswa secara lebih efektif dibandingkan pembelajaran konvensional. Pemanfaatan media tersebut membantu menyajikan konsep-konsep IPA yang abstrak menjadi lebih konkret sehingga lebih mudah dipahami oleh peserta didik. Selain itu, penggunaan media digital juga berkontribusi dalam meningkatkan motivasi belajar, keaktifan, serta keterlibatan siswa selama proses pembelajaran berlangsung.

Hasil kajian menunjukkan bahwa Virtual Laboratory merupakan media pembelajaran yang paling banyak digunakan dan memiliki tingkat efektivitas yang tinggi dalam pembelajaran IPA. Berbagai penelitian mengungkapkan bahwa penggunaan laboratorium virtual tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga berperan dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, literasi sains, keterampilan proses sains, kemampuan pemecahan masalah, serta hasil belajar siswa. Keunggulan lain dari laboratorium virtual adalah kemampuannya memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan simulasi praktikum secara berulang tanpa dibatasi oleh ketersediaan alat, bahan, maupun kondisi laboratorium. Oleh karena itu, media ini menjadi solusi yang efektif bagi sekolah yang memiliki keterbatasan fasilitas praktikum sekaligus sebagai pelengkap kegiatan praktikum di laboratorium nyata.

Selain media digital, penerapan model pembelajaran inovatif juga menunjukkan pengaruh yang positif terhadap peningkatan kualitas pembelajaran. Salah satu model yang paling banyak dilaporkan memberikan hasil yang baik adalah Project Based Learning (PjBL). Berdasarkan hasil berbagai penelitian, penerapan PjBL mampu meningkatkan penguasaan konsep, keterampilan proses sains, kemampuan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, kerja sama, serta kemampuan menyelesaikan masalah. Model ini mendorong peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran melalui penyelesaian proyek yang berkaitan dengan permasalahan nyata sehingga pengalaman belajar menjadi lebih kontekstual dan bermakna.

Kajian literatur juga memperlihatkan bahwa efektivitas pembelajaran semakin meningkat ketika Project Based Learning diintegrasikan dengan media berbasis teknologi, terutama Virtual Laboratory maupun Virtual Reality (VR). Integrasi tersebut memungkinkan peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang lebih nyata melalui simulasi interaktif sekaligus mengembangkan proyek yang berkaitan dengan konsep-konsep sains. Kombinasi antara model pembelajaran dan teknologi digital ini terbukti mampu meningkatkan pemahaman konsep, motivasi belajar, kemampuan berpikir kritis, kreativitas, keterampilan kolaborasi, serta hasil belajar secara lebih optimal dibandingkan penggunaan salah satu pendekatan secara terpisah.

Selain PjBL, beberapa model pembelajaran lain, seperti Problem Based Learning (PBL), Structured Inquiry, Inquiry Based Learning (IBL), dan STEM, juga menunjukkan hasil yang positif ketika dipadukan dengan media digital. Integrasi tersebut mampu meningkatkan aktivitas belajar, kemampuan berpikir ilmiah, literasi sains, serta keterampilan peserta didik dalam menghubungkan konsep-konsep IPA dengan permasalahan yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Temuan ini menunjukkan bahwa keberhasilan pembelajaran dipengaruhi oleh kesesuaian antara media pembelajaran yang digunakan dengan model pembelajaran yang diterapkan sehingga peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang lebih aktif dan bermakna.

Secara keseluruhan, hasil sintesis dari berbagai penelitian memperlihatkan adanya kecenderungan yang konsisten bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi yang dipadukan dengan model pembelajaran inovatif memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan penggunaan media atau model pembelajaran secara terpisah. Integrasi keduanya mampu menciptakan pembelajaran yang lebih interaktif, kolaboratif, kontekstual, dan berpusat pada peserta didik sehingga berdampak pada peningkatan pemahaman konsep IPA, literasi sains, keterampilan proses sains, kemampuan berpikir kritis, kreativitas, motivasi belajar, serta hasil belajar siswa. Oleh karena itu, penerapan Project Based Learning yang didukung oleh Virtual Laboratory, seperti V-LABIO, memiliki potensi yang besar untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa sekaligus mendukung pengembangan kompetensi abad ke-21 dalam pembelajaran IPA.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil sintesis terhadap 25 artikel yang telah dianalisis, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan media pembelajaran berbasis teknologi dan penerapan model pembelajaran inovatif memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan efektivitas pembelajaran IPA. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media digital, terutama Virtual Laboratory, mampu mempermudah peserta didik dalam memahami konsep-konsep IPA yang bersifat abstrak melalui penyajian materi yang lebih interaktif dan visual. Selain meningkatkan pemahaman konsep, media tersebut juga berperan dalam meningkatkan motivasi belajar, literasi sains, keterampilan proses sains, kemampuan berpikir kritis, kreativitas, serta partisipasi aktif siswa selama proses pembelajaran.

Di sisi lain, penerapan Project Based Learning (PjBL) terbukti mampu menciptakan proses pembelajaran yang lebih berpusat pada peserta didik. Melalui kegiatan pembelajaran berbasis proyek,

siswa didorong untuk membangun pengetahuan secara mandiri, bekerja sama dalam kelompok, serta mengembangkan kemampuan memecahkan masalah yang berkaitan dengan situasi nyata. Penerapan model ini tidak hanya meningkatkan penguasaan konsep, tetapi juga memperkuat keterampilan kolaborasi, komunikasi, berpikir kritis, dan kreativitas sebagai bagian dari kompetensi abad ke-21.

Lebih lanjut, hasil kajian menunjukkan bahwa penggabungan Project Based Learning (PjBL) dengan Virtual Laboratory, termasuk penggunaan V-LABIO, memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan penerapan masing-masing secara terpisah. Integrasi keduanya mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih aktif, interaktif, kontekstual, dan bermakna sehingga memberikan dampak positif terhadap peningkatan pemahaman konsep IPA serta pengembangan berbagai kompetensi peserta didik. Dengan demikian, pembelajaran IPA berbasis Project Based Learning yang didukung oleh Virtual Laboratory dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif strategi pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan kualitas proses maupun hasil belajar siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abas, A. (2024). *Integration of project-based learning to improve scientific process skills and conceptual understanding in the learning process of invertebrate zoology*. 10(2), 486–496.
- Alfia Habwah Hendranti, Bunga Aldenina, Tristia Layla Indriani, S. I. (2025). *EFEKTIVITAS MODEL PEMBELAJARAN STEM DAN PROJECT-BASED LEARNING DALAM MENINGKATKAN PEMAHAMAN IPA DI SD*. 10.
- Awliyah, R. P., Anwar, K., & Halimah, U. (2022). Efektivitas Penggunaan Virtual Lab Pada Pembelajaran IPA di MI. *Madrasatuna*, 2(02).
- Byukusenge, C., & Tarmo, A. P. (2022). *Effectiveness of Virtual Laboratories in Teaching and Learning Biology : A Review of Literature*. 21(6), 1–17.
- Cahyasari, V. D., Haryanti, E. H. W. (n.d.). *PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN PROJECT BASED LEARNING BERBANTU VIRTUAL LABORATORY TERHADAP PENINGKATAN BERFIKIR KREATIF DAN PEMAHAMAN KONSEP MATERI EUBACTERIA DI SMA NEGERI 8 SEMARANG*. 61–74.
- Copriady, J., & Linda, R. (2019). *THE USE OF VIRTUAL LABORATORY TO IMPROVE STUDENTS ' CONCEPTUAL UNDERSTANDING IN ACID BASE*. 3(1), 43–49. <https://doi.org/10.31258/ijebp.v3n1.p43-49>
- Devi Apriana Meronda, Hayuni Retno Widarti*, & Y. (2025). *Virtual Laboratories in Science Education: A Systematic Review of Effectiveness on Conceptual Understanding and Learning Outcomes*. 26(September), 2020–2042.
- Dwikoranto, Munasir, Setiani, R., Suyitno, Surasmi, W. A., Tresnaningsih, S., & Pramonoadi. (2020, March). Effectiveness of Project Based Laboratory Learning to Increase Student's Science Process Skills and Creativity. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1491, No. 1, p. 012006). IOP Publishing.
- Erni, E. (2019). The Use of Virtual Laboratory To Improve Students' conceptual Understanding In Acid Base Titration Subject. *International Journal of Educational Best Practices*.
- Fitriana Desi Ating, Dwi Fajar Saputri, S. L. H. A. (2025). *Efektivitas media pembelajaran dengan virtual lab untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik kelas vii pada materi suhu di smp negeri 07 putussibau*. 4(3), 49–56.
- Joronavalona, R., Rohaeti, E., & Laksono, E. W. (2025). *Immersive and Experiential Learning : A Review of Project-based Learning and Virtual Reality in Chemistry Education*. 13(2), 311–320.
- Khuril 'Aini, Firdha Yusmar, Rayendra Wahyu Bachtiar, Fauziyatul Iffah, S. W. (2025). *TINJAUAN LITERATUR : PEMANFAATAN MEDIA DIGITAL PEMBELAJARAN UNTUK MENINGKATKAN*

PEMAHAMAN KONSEP IPA SMP. 10.

- Lestari, R., Sipahutar, H., & Harsono, T. (2025). *Pengembangan Penuntun Praktikum Biologi Molekuler Dasar Berbasis Project-Based Learning untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Keterampilan Proses Sains Siswa SMK berpikir kritis dan pemecahan masalah , terutama di bidang kesehatan , teknologi , dan membentuk karakter ilmiah siswa (Sari et al ., 2023 ; Rahmayumita et al ., 2024). dalam mengembangkan proyek biologi molekuler secara mandiri , sekaligus. 13(2), 1319–1331.*
- Magister, P., Dasar, P., Pascasarjana, S., & Semarang, U. N. (2025). *Efektivitas Media Pembelajaran Interaktif dalam Meningkatkan Literasi Sains Siswa Sekolah Dasar : Systematic Literature Review (2020 – 2025) M. Agung Alwanda*. 489.*
- Meronda, D. A., Widarti, H. R., & Yahmin, Y. (2025). Virtual Laboratories in Science Education: A Systematic Review of Effectiveness on Conceptual Understanding and Learning Outcomes. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 26(3), 2020-2042.
- Mokodompit, D. Y., Tumangkeng, J. V., Umboh, S. I., Palilingan, R. N., & Pawarangan, I. (2026). Perbandingan Efektivitas Laboratorium Virtual dan Alat Praktikum Dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Gerbang Logika. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 81-88.
- Ningrum, A. S., Azizah, N. N., Hasnawati, H., Herlina, H., & Herlina, K. (2025). Implementasi model PjBL untuk meningkatkan kreativitas siswa pada pembelajaran SBdP di sekolah dasar. *Jurnal Dikdas*, 13(2), 206-217.
- Prima, P., Riawan, I. M. O., Agustini, K., Sudhata, I. G. W., Agung, A., & Wiryya, A. (2025). *Virtual Lab dalam Pembelajaran IPA : Analisis Literatur Sistematis tentang Dampak Pembelajaran. 19(2), 1–12.*
- Process, S., & Through, S. (n.d.). *Effectiveness of Project Based Laboratory Learning to Increase Student ' s Science Process Skills and Creativity Effectiveness of Project Based Laboratory Learning to Increase Student ' s Science Process Skills and Creativity.*
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1491/1/012006>
- Puput Febriani, Ika Nurani Dewi, S. M. (2026). *PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN STRUCTURED INQUIRY BERBANTUAN VIRTUAL LABORATORIUM TERHADAP. 3, 15–29.*
- Sadikin, A. (2024). *Pengaruh Pembelajaran Berbasis Proyek terhadap Pemahaman Konsep Biologi pada Siswa Sekolah Menengah. 10, 98–102.*
- Sains, C., Pendidikan, J., Mokodompit, D. Y., Tumangkeng, J. V., & Umboh, S. I. (2026). *Perbandingan Efektivitas Laboratorium Virtual dan Alat Praktikum Dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Gerbang Logika. 7, 81–88.*
- Taroreh, L. H. J., Pendidikan, F. I., & Manado, U. N. (2024). *EFEKTIVITAS MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF BERBASIS TEKNOLOGI DALAM MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP IPA. 01, 26–31.*
- Udin, W. N., Ramli, M., & Muzzazinah. (2020, April). Virtual laboratory for enhancing students' understanding on abstract biology concepts and laboratory skills: a systematic review. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1521, No. 4, p. 042025). IOP Publishing.
- Yusmar, F., Bachtiar, R. W., Iffah, F., & Wahyuni, S. (2025). TINJAUAN LITERATUR: PEMANFAATAN MEDIA DIGITAL PEMBELAJARAN UNTUK MENIGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP IPA SMP. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(02), 309-319.