



PEMANFAATAN VIRTUAL LAB UNTUK MENGURANGI MISKONSEPSI SISWA PADA MATERI IPA YANG ABSTRAK

Siti Khoirunnisa¹, Umi Habibahtul A'liyah², Ceni Liswati³, Kasyifatun Naza⁴, Sitti Sastriana Bada⁵, Ainun Badriah⁶, Nurzeini Herdiyansyah⁷, Acep Musliman⁸

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8} Universitas Indraprasta PGRI Jakarta

e-mail: bundaanis876@gmail.com

Diterima: 25/7/2026; Direvisi: 10/8/2026; Diterbitkan: 15/8/2026

ABSTRAK

Miskonsepsi pada materi Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) yang bersifat abstrak masih menjadi permasalahan penting dalam pembelajaran karena dapat menghambat pembentukan pemahaman konseptual yang benar dan berdampak pada kesulitan siswa dalam mempelajari konsep-konsep lanjutan. Karakteristik materi IPA yang banyak memuat fenomena mikroskopis dan sulit diamati secara langsung menyebabkan siswa rentan membangun konsep yang tidak sesuai dengan konsep ilmiah. Perkembangan teknologi pendidikan menghadirkan virtual laboratory (virtual lab) sebagai alternatif pembelajaran yang mampu memvisualisasikan konsep abstrak melalui simulasi interaktif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas virtual laboratory dalam mengurangi miskonsepsi siswa pada materi IPA yang bersifat abstrak serta mengidentifikasi bentuk implementasi yang paling efektif dalam mendukung perubahan konseptual siswa. Penelitian menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan protokol PRISMA. Data diperoleh dari artikel yang terindeks pada Google Scholar, Garuda, Scopus, Sinta, dan ERIC dengan rentang publikasi tahun 2021–2026. Proses seleksi literatur dilakukan melalui tahap identification, screening, eligibility, dan inclusion hingga diperoleh 15 artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Data dianalisis menggunakan teknik sintesis deskriptif terhadap hasil penelitian yang relevan. Hasil kajian menunjukkan bahwa virtual laboratory efektif mengurangi miskonsepsi melalui visualisasi konsep abstrak, eksperimen interaktif, pengulangan simulasi, serta penciptaan konflik kognitif yang mendorong perubahan konseptual. Selain itu, virtual lab terbukti meningkatkan pemahaman konsep, hasil belajar, keterampilan berpikir kritis, kemandirian belajar, dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Dengan demikian, virtual laboratory dapat direkomendasikan sebagai media pembelajaran yang efektif untuk meremediasi miskonsepsi pada materi IPA abstrak serta mendukung pembelajaran sains yang lebih inovatif dan bermakna.

Kata kunci: *Virtual Laboratory, Miskonsepsi, Pembelajaran IPA, Pemahaman Konseptual, Materi Abstrak.*

ABSTRACT

Misconceptions in abstract Science (IPA) concepts remain a significant issue in education because they hinder the development of accurate conceptual understanding and create difficulties for students in learning more advanced scientific concepts. The abstract nature of many science topics, which involve microscopic phenomena and processes that cannot be directly observed, often leads students to construct understandings that differ from accepted scientific concepts. Advances in educational technology have introduced virtual laboratories (virtual labs) as an alternative learning medium capable of visualizing abstract concepts through interactive simulations. This study aims to analyze the effectiveness of virtual laboratories in



reducing students' misconceptions in abstract science topics and to identify the most effective implementation strategies for supporting conceptual change. The study employed a Systematic Literature Review (SLR) approach using the PRISMA protocol. Data were collected from articles indexed in Google Scholar, Garuda, Scopus, and ERIC published between 2021 and 2026. The literature selection process followed four stages: identification, screening, eligibility, and inclusion, resulting in 15 articles that met the inclusion criteria. Data were analyzed using descriptive synthesis techniques. The findings indicate that virtual laboratories are effective in reducing misconceptions through the visualization of abstract concepts, interactive experimentation, repeated simulations, and the creation of cognitive conflict that promotes conceptual change. In addition, virtual labs were found to enhance conceptual understanding, learning outcomes, critical thinking skills, learner autonomy, and student engagement. Therefore, virtual laboratories can be recommended as an effective instructional medium for remediating misconceptions in abstract science topics while supporting more innovative and meaningful science learning.

Keywords: *Virtual Laboratory, Misconceptions, Science Learning, Conceptual Understanding, Abstract Concepts.*

PENDAHULUAN

Ilmu Pengetahuan Alam memegang peranan yang sangat strategis dalam membentuk kemampuan berpikir ilmiah, pemecahan masalah, serta literasi sains peserta didik. Melalui pengajaran sains, siswa diarahkan untuk memahami fenomena alam secara rasional dan berbasis bukti empiris guna menghadapi pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan di era digital (Juliandari dkk., 2025; Sugiarto dkk., 2026). Penguasaan konsep menjadi indikator utama keberhasilan belajar, di mana siswa mampu menginterpretasikan, menjelaskan, serta mengaplikasikan teori ilmiah secara tepat dalam situasi kontekstual. Pengondisian ideal mengamanatkan hadirnya ekosistem kelas yang interaktif dan berbasis eksplorasi langsung agar siswa sanggup membangun struktur pengetahuan yang bermakna. Keselarasan tata kelola instruksional yang ideal ini diproyeksikan dapat meningkatkan retensi memori, memicu rasa ingin tahu, serta mendorong capaian hasil belajar peserta didik secara holistik.

Namun, realitas objektif yang senyatanya terjadi di lapangan menunjukkan bahwa pemahaman konsep sains peserta didik secara umum masih berada pada kategori sedang hingga rendah (Sugiarto dkk., 2026). Pembelajaran IPA senyatanya masih didominasi oleh metode ceramah satu arah dan pola hafalan verbalistik (Juliandari dkk., 2025). Kondisi ini diperparah oleh banyaknya materi sains yang bersifat abstrak, seperti tekanan hidrostatik, fluida, gelombang, hingga biologi molekuler, yang tidak dapat diamati secara langsung oleh indera siswa. Kesenjangan senyatanya ini menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam membangun representasi mental yang akurat, sehingga memicu munculnya miskonsepsi atau kesalahan konseptual yang bersifat resisten dan sulit diubah (Sugiarto dkk., 2026). Ditambah lagi, pelaksanaan praktikum fisik di sekolah sering kali mengalami hambatan fatal akibat keterbatasan alat, bahan, sarana laboratorium, masalah biaya, dan keterbatasan waktu (Bogar dkk., 2023; Juniartina dkk., 2025).

Sebab munculnya ketimpangan yang kontras antara idealisme pengajaran sains dengan kenyataan di lapangan mengindikasikan adanya kebutuhan mendesak terhadap pemanfaatan teknologi digital sebagai sarana remediasi konseptual. Pemanfaatan *virtual laboratory* hadir sebagai lingkungan laboratorium berbasis komputer yang memungkinkan siswa melakukan simulasi eksperimen interaktif tanpa keterbatasan fisik (Juniartina dkk., 2025). Simulasi ini



memfasilitasi visualisasi fenomena abstrak, pengujian hipotesis secara berulang, serta pemberian umpan balik langsung (Bogar dkk., 2023). Pengintegrasian media digital ini ke dalam model pengajaran seperti *problem-based learning* atau *inquiry-based learning* terbukti memiliki potensi besar untuk mereduksi miskonsepsi serta memfasilitasi perubahan konseptual siswa pada berbagai topik sains yang rumit (Purwati dkk., 2025; Rahmadhea, 2026; Surtiana dkk., 2021). Pemanfaatan laboratorium virtual menjadi langkah strategis untuk mendobrak keterbatasan fasilitas fisik di sekolah.

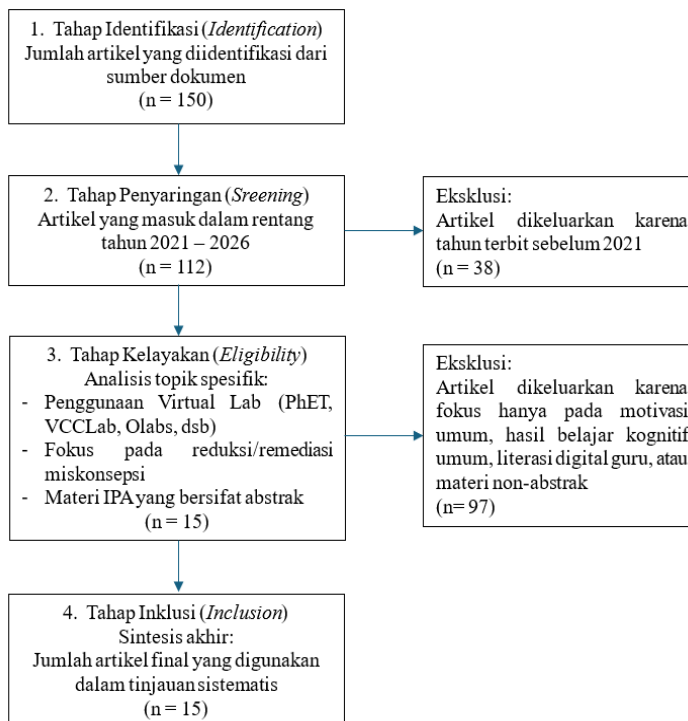
Meskipun demikian, kajian terdahulu yang ada masih menunjukkan variasi efektivitas dan cenderung terfragmentasi pada pengujian hasil belajar kognitif secara umum (Sugiarto dkk., 2026). Penelitian yang secara khusus menyintesis efektivitas *virtual laboratory* dalam meremediasi miskonsepsi pada materi sains yang bersifat abstrak secara sistematis masih sangat terbatas. Sebagian besar publikasi hanya menguji materi tunggal secara parsial, sehingga belum menyediakan gambaran komprehensif mengenai pola implementasi media siber yang paling efektif dalam mendukung perubahan konseptual. Celah penelitian ini perlu segera diatasi melalui kajian teoretis mendalam guna memberikan dasar empiris yang kokoh bagi para pendidik dan pengambil kebijakan dalam merancang strategi remedi konseptual berbasis teknologi. Oleh karena itu, diperlukan adanya penyelidikan integratif yang mampu menyintesis berbagai hasil penelitian mengenai pemanfaatan laboratorium virtual secara holistik.

Berangkat dari kompleksitas problematika metodologis dan teknologis tersebut, studi pustaka ini hadir dengan menawarkan nilai kebaruan berupa sintesis komprehensif mengenai efektivitas *virtual laboratory* dalam meremediasi miskonsepsi siswa pada materi sains abstrak. Inovasi dari penelitian konseptual ini terletak pada penerapan pendekatan *Systematic Literature Review* menggunakan protokol PRISMA untuk menyintesis data sekunder dari artikel ilmiah yang dipublikasikan pada rentang tahun 2021–2026 (Asriadi, 2025). Penyelidikan teoretis ini dilaksanakan murni melalui penelusuran dokumen dan tidak melibatkan subjek penelitian lapangan maupun keterikatan nama sekolah dan tahun ajaran tertentu, sehingga nama sekolah tidak dicantumkan. Hasil akhir kajian ini diproyeksikan memberikan kontribusi teoretis baru bagi khasanah teknologi pendidikan sains, serta menyediakan rujukan praktis yang aplikatif bagi pengembang media dalam merancang pengajaran yang lebih inovatif dan efisien.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR). Pendekatan ini menggunakan data dari pencarian artikel di database nasional dan internasional seperti Google Scholar, Garuda, Scopus, dan Eric dengan kata kunci virtual laboratory, miskonsepsi, pembelajaran IPA, materi abstrak, pemahaman konseptual. Kriteria inklusi yang digunakan adalah artikel yang terpublikasi secara nasional maupun internasional antara tahun 2021-2026 dengan subjek siswa. *Systematic Literature Review* (SLR) dapat didefinisikan sebagai proses mengidentifikasi, menilai, dan menafsirkan semua bukti penelitian yang tersedia dengan tujuan untuk menyediakan jawaban untuk pertanyaan penelitian secara spesifik (Asriadi, 2025). Proses kajian dilakukan dengan protokol PRISMA. Protokol PRISMA adalah pedoman pelaporan Systematic review dan meta analisis (Asriadi, 2025). Tahapan penelitian mengikuti alur PRISMA yang ditampilkan dalam bentuk gambar berikut.

DIAGRAM ALIR PRISMA
SELEKSI ARTIKEL VIRTUAL LAB UNTUK MISKONSEPSI IPA (2021 – 2026)



Gambar 1. Diagram Alir PRISMA

Proses seleksi literatur dilaksanakan melalui empat tahapan sistematis sesuai alur PRISMA, yaitu *identification*, *screening*, *eligibility*, dan *inclusion*.

Tahap Identifikasi (*Identification*)

Pada tahap ini terkumpul 150 artikel dari sumber database baik secara nasional maupun internasional. Rentang waktu pencarian dibatasi pada periode 2021 hingga 2026 guna memastikan literatur yang akan dianalisis mencerminkan perkembangan penelitian dan relevan dengan konteks pendidikan saat ini. Pada tahap penyaringan awal, tidak ada artikel yang tereksklusi karena tidak ada artikel yang duplikasi atau tidak relevan dengan topik Pendidikan sains.

Tahap penyaringan (*screening*)

Pada tahap ini hanya dipilih artikel yang diterbitkan antara tahun 2021 hingga 2026 (n = 112). Kriteria inklusi, artikel harus memuat kata kunci “*virtual lab*”, “PhET”, “Simulation”, “Miskonsepsi”, “Remediasi”, atau “Pemahaman Konsep” pada materi IPA. Artikel yang tidak memenuhi rentang tahun atau tidak berfokus pada materi IPA abstrak (seperti pelatihan guru umum atau manajemen lab) dikeluarkan (n = 38). Kriteria inklusi dan eksklusi dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Artikel diterbitkan antara tahun 2021 hingga 2026	Artikel diterbitkan sebelum tahun 2021
Fokus penelitian penggunaan virtual lab (seperti PhET, VCCLab, OLabs, Rumah Belajar, atau simulasi interaktif lainnya)	Hanya membahas laboratorium fisik (riil) tanpa adanya komponen virtual atau simulasi digital

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA

 <https://doi.org/10.51878/science.v6i3.14497>



Berfokus pada reduksi/remediasi miskonsepsi, perubahan konsep, atau penguasaan konsep mendalam	Hanya membahas motivasi belajar umum, literasi digital guru, atau hasil belajar kognitif tanpa menyinggung miskonsepsi
Materi IPA yang bersifat abstrak	Materi IPA yang bersifat konkret atau umum yang tidak secara spesifik dikategorikan sebagai konsep abstrak

Tahap kelayakan (*eligibility*)

Pada tahap ini artikel dipastikan membahas materi yang dianggap abstrak (seperti hukum Archimedes, Fluida, Listrik, Kimia, atau konsep Biologi molekuler). Mengutamakan penelitian yang bertujuan untuk mengurangi miskonsepsi, meremediasi kesalahan konsep, atau meningkatkan pemahaman konseptual ($n = 15$). Artikel yang berfokus hanya pada motivasi umum, hasil belajar kognitif umum, literasi digital guru, atau materi non-abstrak dieksklusi ($n = 97$). Pada tahap inklusi terpilih 15 artikel inti yang akan digunakan menjadi bahan utama pembahasan mengenai efektivitas laboratorium virtual dalam mengatasi miskonsepsi siswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses seleksi melalui protokol PRISMA menghasilkan 15 artikel yang memenuhi seluruh kriteria inklusi dan layak untuk dianalisis secara mendalam. Seluruh artikel yang terpilih memiliki fokus utama penggunaan virtual lab untuk mengurangi miskonsepsi pada pelajaran IPA.

Hasil

Proses seleksi melalui protokol PRISMA menghasilkan 15 artikel yang memenuhi seluruh kriteria inklusi dan layak untuk dianalisis secara mendalam. Seluruh artikel yang terpilih memiliki fokus utama penggunaan virtual lab untuk mengurangi miskonsepsi pada pelajaran IPA. Secara rinci, identitas seluruh artikel yang dianalisis dalam studi ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Identitas, Kode, dan Judul Artikel yang Ditinjau dalam Studi Literatur

Kode Artikel	Penulis dan Tahun	Judul Artikel
A1	(Surtiana dkk., 2021)	Penerapan Model Virtual Conceptual Change Laboratory (VCCLab) untuk Meremediasi Miskonsepsi Siswa pada Materi Tekanan Hidrostatik
A2	(Asnita, 2021)	Penggunaan Media Virtual Laboratory untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Materi dan Kemandirian Siswa Melakukan Praktikum
A3	(Clarinda dkk., 2022)	Efektivitas Penggunaan Virtual Laboratory terhadap Peningkatan Hasil Belajar Siswa SMA di Era New Normal
A4	(Khusniyah dkk., 2022)	Pemanfaatan Laboratorium Virtual IPA sebagai Upaya Peningkatan Hasil Belajar Siswa di SDN 1 Telogotuwung Blora
A5	(Awliyah dkk., 2022)	Virtual Lab dalam Pembelajaran IPA: Analisis Literatur Sistematis tentang Dampak Pembelajaran
A6	(Bogar dkk., 2023)	Pengembangan Laboratorium Virtual untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik
A7	(Irfan dkk., 2025)	Efektivitas Penggunaan Virtual Lab sebagai Alat Interaktif dalam Meningkatkan Literasi Sains di Sekolah Dasar



A8	(Tsabitah 2025)	dkk.,	Pengembangan E-LKPD Berbasis Model Pembelajaran POE (Predict-Observe-Explain) Menggunakan PhET Simulation pada Mata Pelajaran Dasar-Dasar Ketenagalistrikan di SMKN 55 Jakarta
A9	(Juliandari 2025)	dkk.,	Strategi Pembelajaran di Laboratorium IPA untuk Meningkatkan Aspek Afektif, Kognitif dan Psikomotorik Siswa
A10	(Marpaung, 2025)		Pemanfaatan Simulasi PhET sebagai Media Pembelajaran Interaktif pada Materi Getaran dan Gelombang
A11	(Juniartina 2025)	dkk.,	Virtual Lab dalam Pembelajaran IPA: Analisis Literatur Sistematis tentang Dampak Pembelajaran
A12	(Purwati dkk., 2025)		Efektivitas Laboratorium Virtual IPA dalam Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Kelas VII pada Materi Suhu dan Kalor
A13	(Nidiasari 2025)	dkk.,	Pemanfaatan Simulasi PhET sebagai Media Pembelajaran Interaktif pada Materi Getaran dan Gelombang
A14	(Rahmadhea, 2026)		Implementasi Laboratorium Virtual dalam Pembelajaran Sains untuk Meningkatkan Pemahaman Konseptual Peserta Didik
A15	(Sugiarto 2026)	dkk.,	Integrasi Pembelajaran Discovery STEM Learning dan V-Lab pada Materi Pesawat Sederhana untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa dan Keterampilan Kolaborasi

Hasil ekstraksi data mengenai metode dan manfaat laboratorium virtual dapat dicermati pada Tabel 3.

Tabel 2. Matriks Ekstraksi dan Sintesis data Berdasarkan Kode Artikel

Kode Artikel	Metode Penelitian	Manfaat Virtual Lab untuk Mengurangi Miskonsepsi Siswa
A1	Pre-experimental dengan desain One Group Pretest-Posttest	Virtual Conceptual Change Laboratory (VCC Lab) berbantuan PhET secara langsung meremediasi miskonsepsi siswa pada materi tekanan hidrostatik. Simulasi virtual membantu siswa membandingkan konsep awal dengan fenomena ilmiah sehingga terjadi perubahan konseptual yang benar.
A2	Pre-experimental dengan desain One Group Pretest-Posttest	Virtual Laboratory membantu siswa memahami struktur jaringan hewan melalui visualisasi yang lebih jelas sehingga kesalahan pemahaman konsep dapat diminimalkan dan penguasaan konsep meningkat.
A3	Kuantitatif deskriptif dengan desain Pre-Experimental One Group Pretest-Posttest.	Simulasi PhET pada materi efek fotolistrik membantu siswa memahami konsep abstrak yang sulit diamati secara langsung sehingga mengurangi potensi munculnya miskonsepsi fisika.
A4	Quasi experimental design dengan	Laboratorium virtual menyajikan animasi dan simulasi interaktif yang membantu siswa SD memahami konsep IPA

	pretest-posttest control group design	secara lebih konkret sehingga mengurangi kesalahan interpretasi konsep.
A5	Systematic Literature Review (SLR) menggunakan pendekatan PICOS	Virtual lab yang dipadukan dengan PBL, IBL, dan STEM meningkatkan pemahaman konsep secara konsisten. Pemahaman yang lebih baik membantu mencegah dan memperbaiki miskonsepsi siswa terhadap konsep IPA.
A6	Research and Development (R&D) menggunakan model 4-D (Define, Design, Develop, Disseminate)	Laboratorium virtual berbasis PhET pada materi gelombang bunyi membantu memvisualisasikan fenomena yang abstrak sehingga siswa lebih mudah membangun konsep yang benar dan mengurangi miskonsepsi.
A7	Mixed Method (kuantitatif dan kualitatif)	Virtual Lab membantu siswa SD memahami konsep IPA yang abstrak menjadi lebih konkret melalui simulasi digital, sehingga memperkecil kemungkinan terbentuknya miskonsepsi.
A8	Research and Development (R&D) menggunakan model Waterfall	Integrasi PhET dalam E-LKPD berbasis POE (Predict-Observe-Explain) memungkinkan siswa menguji prediksi dan membandingkannya dengan hasil simulasi sehingga kesalahan konsep dapat diperbaiki.
A9	Metode studi literatur (literature review)	Strategi laboratorium virtual membantu meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan berpikir kritis. Pemahaman konsep yang lebih baik berkontribusi terhadap berkurangnya miskonsepsi siswa.
A10	Literature Review dengan pendekatan deskriptif kualitatif.	Simulasi PhET secara eksplisit dinyatakan mampu membantu mengurangi miskonsepsi pada materi getaran dan gelombang melalui visualisasi konsep yang tidak dapat diamati secara langsung.
A11	Systematic Literature Review (SLR) menggunakan pendekatan PICOS	Virtual lab meningkatkan pemahaman konsep, literasi sains, dan keterampilan berpikir kritis sehingga siswa dapat membangun konsep ilmiah yang lebih tepat dan mengurangi miskonsepsi.
A12	Kuantitatif dengan pendekatan Kuasi Eksperimen menggunakan desain Pretest-Posttest Control Group Design	Virtual lab pada materi suhu dan kalor membantu siswa melakukan eksperimen yang sulit dilakukan secara langsung sehingga pemahaman konsep menjadi lebih akurat dan miskonsepsi dapat diminimalkan.

A13	Literature Review dengan pendekatan deskriptif kualitatif	Simulasi PhET terbukti membantu mengurangi miskonsepsi pada materi getaran dan gelombang karena mampu menampilkan representasi visual yang jelas terhadap fenomena fisika abstrak.
A14	Kajian pustaka (library research) dengan analisis isi (<i>content analysis</i>)	Artikel secara tegas menyatakan bahwa laboratorium virtual mampu mengurangi miskonsepsi melalui peningkatan pemahaman konseptual, retensi konsep, motivasi belajar, dan keterlibatan aktif peserta didik.
A15	Eksperimen dengan desain One Group Pretest-Posttest	Virtual Laboratory dalam pembelajaran Discovery Learning-STEM membantu siswa melakukan eksplorasi, eksperimen virtual, dan diskusi untuk membangun konsep secara mandiri. Proses ini membantu memperbaiki kesalahan konsep dan mendorong perubahan konseptual yang lebih tepat.

Pembahasan

Hasil tinjauan sistematis terhadap 15 artikel terpilih mengonfirmasi bahwa penggunaan *virtual lab* secara konsisten mampu meremediasi dan mengurangi miskonsepsi siswa pada berbagai topik IPA yang bersifat abstrak, seperti tekanan hidrostatis, getaran, gelombang, serta struktur jaringan. Melalui model seperti *Virtual Conceptual Change Laboratory* (Surtiana dkk., 2021) dan integrasi simulasi *PhET*, *virtual lab* bertindak sebagai sarana visualisasi interaktif yang mengubah fenomena abstrak menjadi representasi konkret. Proses ini memicu terjadinya konflik kognitif saat siswa mendapati pemahaman awat mereka tidak sesuai dengan hasil simulasi, sehingga mendorong terjadinya rekonstruksi konseptual menuju pemahaman ilmiah yang benar. Kuantifikasi peningkatan penguasaan konsep terlihat nyata pada studi Asnita (2021), di mana proporsi hasil belajar kategori amat baik meningkat dari 15% menjadi 37,5% dan kategori baik melonjak dari 31,25% menjadi 53,13%. Selain itu, fleksibilitas simulasi digital ini terbukti meningkatkan kemandirian belajar siswa hingga mencapai skor persentase 85,65% dalam kategori sangat positif.

Kemampuan *virtual lab* dalam memfasilitasi eksperimen berulang tanpa batasan ruang dan waktu memberikan ruang eksplorasi mandiri bagi siswa untuk menguji hipotesis serta memahami hubungan sebab-akibat secara langsung. Pengintegrasian simulasi digital ke dalam kerangka kerja pedagogis seperti *Predict-Observe-Explain* (Tsabitah dkk., 2025) maupun *Discovery STEM Learning* (Sugiarto dkk., 2026) terbukti memperkuat keterampilan proses sains, literasi sains, dan retensi memori peserta didik. Visualisasi fenomena mikroskopis maupun abstrak yang disajikan melalui *virtual lab* (Marpaung, 2025; Nidiasari dkk., 2025; Rahmadhea, 2026) berhasil meminimalkan kesalahan interpretasi konsep yang selama ini kerap muncul pada pembelajaran konvensional. Eksplorasi aktif ini tidak hanya melatih daya kritis dan kemampuan analisis siswa (Irfan dkk., 2025; Juniartina dkk., 2025; Purwati dkk., 2025), tetapi juga membangun konstruksi pengetahuan secara utuh pada aspek kognitif, afektif, maupun psikomotorik (Awliyah dkk., 2022; Bogar dkk., 2023; Juliandari dkk., 2025; Khusniyah dkk., 2022).

Implikasi dari hasil sintesis ini menyajikan arahan strategis bagi pendidik sains dan pemangku kebijakan kurikulum dalam merancang pembelajaran IPA yang adaptif. Secara praktis, guru disarankan untuk mengintegrasikan *virtual lab* sebagai media pendamping atau alternatif eksperimen saat fasilitas laboratorium fisik terbatas, guna menjamin pemerataan pengalaman praktikum yang interaktif. Pendidik dapat memanfaatkan media ini untuk memicu



konflik kognitif secara terencana sehingga miskonsepsi siswa dapat dideteksi dan diperbaiki sejak dini. Secara teoritis, temuan ini memperkaya literatur teknologi pendidikan dengan mengonfirmasi bahwa kombinasi eksperimen simulasi dan model perubahan konseptual efektif meningkatkan retensi memori jangka panjang. Pihak pengelola sekolah diharapkan dapat memfasilitasi ketersediaan perangkat digital dan jaringan internet yang memadai agar pemanfaatan *virtual lab* dapat berjalan optimal dan berkelanjutan.

Meskipun menyajikan bukti empiris yang kuat mengenai efektivitas *virtual lab*, penelitian berbasis meta-analisis literatur ini memiliki beberapa keterbatasan. Studi ini terbatas pada penelusuran 15 artikel terpublikasi dalam rentang waktu tertentu, sehingga belum merekam secara keseluruhan dinamika penerapan *virtual lab* pada jenjang pendidikan atau materi IPA lainnya secara global. Selain itu, variabilitas desain penelitian, instrumen tes, serta durasi intervensi pada artikel yang dianalisis menyebabkan tingkat penurunan miskonsepsi belum dapat diukur melalui analisis ukuran efek (*effect size*) secara terpadu. Keterbatasan akses teknologi dan tingkat literasi digital siswa di setiap sekolah juga merupakan variabel luar yang belum terukur secara presisi. Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan studi eksperimental kuantitatif berskala luas dengan menghitung *effect size* secara spesifik serta menguji efektivitas kombinasi *virtual lab* dan praktikum riil (*blended lab*).

Secara keseluruhan, analisis literatur ini mempertegas bahwa *virtual lab* merupakan inovasi media pembelajaran yang sangat efektif untuk mengatasi hambatan miskonsepsi dalam pendidikan sains. Kemampuannya menyajikan visualisasi dinamis, memfasilitasi konflik kognitif, serta menyediakan ruang eksperimen mandiri terbukti mampu meningkatkan penguasaan konsep kognitif dan keterampilan proses siswa secara bermakna. Integrasi *virtual lab* ke dalam strategi pembelajaran berbasis inkuiri tidak hanya menjembatani pemahaman materi abstrak, tetapi juga mentransformasi peran siswa dari penerima informasi pasif menjadi pembelajar mandiri yang aktif. Dengan demikian, pengadopsian *virtual lab* secara luas dapat dijadikan solusi strategis untuk meningkatkan mutu dan efektivitas pembelajaran IPA di era digital.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan *virtual laboratory* efektif untuk mengatasi miskonsepsi siswa pada materi sains yang bersifat abstrak. Melalui simulasi interaktif, visualisasi konsep mikroskopis, serta penyajian *cognitive conflict*, media digital ini terbukti mampu merekonstruksi pemahaman awal siswa menuju konsep ilmiah yang benar. Selain meremediasi kesalahan konsep, pemanfaatan laboratorium siber ini secara konsisten dapat meningkatkan penguasaan materi, keterampilan berpikir kritis, serta kemandirian belajar peserta didik. Keunggulan fleksibilitas eksperimen tanpa batasan ruang dan waktu membuat media ini sangat potensial untuk memfasilitasi *conceptual change* serta mendukung pembelajaran sains yang lebih inovatif dan bermakna.

Implikasi dari penelitian ini menegaskan pentingnya integrasi teknologi simulasi ke dalam kurikulum sains guna menjembatani keterbatasan fasilitas laboratorium fisik di sekolah. Bagi penelitian di masa depan, disarankan agar peneliti selanjutnya dapat melakukan pengujian eksperimental berskala luas untuk menghitung *effect size* reduksi miskonsepsi secara spesifik pada berbagai jenjang pendidikan. Kajian lanjutan juga perlu mengeksplorasi efektivitas skema *blended laboratory* yang menggabungkan praktikum riil dan simulasi virtual. Di samping itu, pengembangan media perlu memperhitungkan kesiapan infrastruktur teknologi serta tingkat



digital literacy siswa agar implementasi pembelajaran berbasis *inquiry* dapat berjalan secara optimal dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asnita. (2021). Penggunaan media virtual laboratory. *Jurnal Guru Dikmen dan Diksus*, 4(2), 256–270. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/110985609/101-libre.pdf>
- Asriadi, M. (2025). *Synthesis research: Pendekatan, metode, dan aplikasi*. Gowa. <https://books.google.co.id/books?id=MISfEQAAQBAJ>
- Awliyah, R. P., et al. (2022). Efektivitas penggunaan virtual lab pada pembelajaran IPA di MI. *Madrasatuna: Jurnal Ilmu Pendidikan*. <https://jurnal.iaina.ac.id/madrasatuna/article/view/106>
- Bogar, D. Y., et al. (2023). Pengembangan laboratorium virtual untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik. *Buletin Edukasi Indonesia*, 2(3), 102–112. <https://doi.org/10.56741/bei.v2i03.397>
- Clarinda, C., et al. (2022). Efektivitas penggunaan virtual laboratory terhadap peningkatan hasil belajar siswa SMA di era new normal. *EduMatSains: Jurnal Pendidikan, Matematika dan Sains*, 6(2), 257–266. <https://doi.org/10.33541/edumatsains.v6i2.3339>
- Irfan, M., et al. (2025). Efektivitas penggunaan virtual lab sebagai alat interaktif dalam meningkatkan literasi sains di sekolah dasar. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*. <https://journal.unpas.ac.id/index.php/pendas/article/view/35222>
- Juliandari, N., et al. (2025). Strategi pembelajaran di laboratorium IPA untuk meningkatkan aspek, kognitif dan psikomotorik siswa. *Lambda: Jurnal Pendidikan MIPA dan Aplikasinya*, 5(2), 307–312. <https://ejournal.baleliterasi.org/index.php/lambda/article/view/1341>
- Juniartina, P. P., et al. (2025). Virtual lab dalam pembelajaran IPA: Analisis literatur sistematis tentang dampak pembelajaran. *Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya*, 19(2), 1858–0629. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JPM/article/view/96757>
- Khusniyah, T. W., et al. (2022). Pemanfaatan laboratorium virtual IPA sebagai upaya. *Jurnal Elementary*, 5(1), 95–99. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/110938170/pdf-libre.pdf>
- Marpaung, T. C. (2025). Pemanfaatan simulasi PhET sebagai media pembelajaran interaktif. *Jurnal Media Akademik*, 3(11). <https://jurnal.mediaakademik.com/index.php/jma/article/view/3489>
- Nidiasari, Y., et al. (2025). Pengaruh pemanfaatan virtual lab terhadap hasil belajar IPA pada materi fotosintesis bagi siswa kelas VIII SMP Negeri 1 Raja Ampat. *Jurnal Pendidikan*, 13(2), 107–112. <https://doi.org/10.36232/pendidikan.v13i2.3027>
- 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://www.ejournal.tsb.ac.id/index.php/jpm/article/view/2574>
- Rahmadhea, S. (2026). Implementasi laboratorium virtual dalam pembelajaran sains untuk meningkatkan pemahaman konseptual peserta didik. 4(1), 10–17. <https://journal.sabajayapublisher.com/index.php/jsc/article/view/773>



- Sugiarto, W., Nurrohma, S., Natiadiwijaya, I. F., & Damayanti, H. (2026). Integrasi pembelajaran discovery STEM learning dan V-lab pada materi pesawat sederhana untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa dan keterampilan kolaborasi. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*, 10(1), 41–58. <https://doi.org/10.26811/didaktika.v10i1.2050>
- Surtiana, Y., et al. (2021). Penerapan model Virtual Conceptual Change Laboratory (VCCLAB) untuk meremediasi miskonsepsi siswa pada materi tekanan hidrostatik. *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 6(1), 63–70. <https://doi.org/10.17509/wapfi.v6i1.32451>
- Tsabitah, N. N., et al. (2025). Pengembangan E-LKPD (elektronik lembar kerja peserta didik) berbasis model pembelajaran POE (predict-observe-explain) menggunakan PhET simulation pada mata pelajaran dasar dasar ketenagalistrikan di SMKN 55 Jakarta. *Risenologi*, 10(1), 98–108. <https://doi.org/10.21009/risenologi.101.10>