
VILCO (*Virtual Laboratory-Confirmation Inquiry*): Integrasi *Virtual Laboratory* dalam Model Inkuiri Terkonfirmasi untuk Mengoptimalkan Keterampilan Proses Sains Siswa**Alda Aulia Sabita***

Universitas Negeri Semarang, Semarang

*Email korespondensi: aldasabita@students.unnes.ac.id**ABSTRAK**

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) menuntut pengembangan keterampilan proses sains sebagai bagian dari pembentukan kemampuan berpikir ilmiah peserta didik, namun implementasi praktikum di sekolah masih menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan sarana dan prasarana, keterbatasan waktu, serta kecenderungan pembelajaran yang bersifat prosedural sehingga kurang mampu mengembangkan keterampilan proses sains secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model pembelajaran VILCO (*Virtual Laboratory-Confirmation Inquiry*) sebagai alternatif inovatif dalam mengoptimalkan keterampilan proses sains peserta didik. Penelitian ini merupakan penelitian konseptual dengan pendekatan studi literatur (*literature review*), di mana data dikumpulkan melalui kajian berbagai sumber pustaka berupa jurnal ilmiah, buku, dan prosiding yang relevan dengan topik keterampilan proses sains, *virtual laboratory*, dan inkuiri terkonfirmasi, kemudian dianalisis secara deskriptif kualitatif melalui tahapan identifikasi konsep, pengelompokan temuan, serta sintesis untuk merumuskan model pembelajaran yang diusulkan. Hasil kajian menunjukkan bahwa *virtual laboratory* memiliki keunggulan dalam memfasilitasi eksplorasi konsep secara interaktif, sedangkan inkuiri terkonfirmasi efektif dalam memvalidasi konsep melalui eksperimen nyata, sehingga keduanya memiliki potensi untuk diintegrasikan dalam satu desain pembelajaran yang komprehensif. Berdasarkan sintesis tersebut, dikembangkan model pembelajaran VILCO yang terdiri atas tahapan orientasi masalah, eksplorasi melalui *virtual laboratory*, perumusan hipotesis, praktikum nyata berbasis inkuiri terkonfirmasi, analisis data, serta penarikan kesimpulan dan komunikasi hasil. Model ini memungkinkan peserta didik mengalami proses ilmiah secara utuh mulai dari eksplorasi hingga verifikasi konsep, sehingga berpotensi meningkatkan keterampilan proses sains secara optimal. Model VILCO diharapkan dapat menjadi alternatif inovatif dalam pembelajaran IPA yang relevan dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan pembelajaran abad ke-21.

Kata kunci: Inkuiri terkonfirmasi; keterampilan proses sains; laboratorium virtual; praktikum digital; VILCO

PENDAHULUAN

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) pada hakikatnya tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga menekankan pada proses ilmiah yang melibatkan kegiatan observasi, eksperimen, dan analisis data untuk memahami fenomena alam secara sistematis. Dalam proses tersebut, peserta didik dituntut untuk mengamati, mengajukan pertanyaan, merumuskan hipotesis, memprediksi, melakukan penyelidikan, menafsirkan data, serta mengomunikasikan hasil temuan. Serangkaian kemampuan ini dikenal sebagai keterampilan proses sains yang berperan penting dalam membentuk pola pikir ilmiah peserta didik (Ekici & Erdem, 2020). Oleh karena itu, pembelajaran IPA seharusnya dirancang tidak hanya untuk mentransfer pengetahuan, tetapi juga untuk melatih dan mengembangkan keterampilan proses sains secara berkelanjutan.

Salah satu pendekatan yang efektif untuk mengembangkan keterampilan proses sains adalah melalui kegiatan praktikum. Praktikum memberikan pengalaman langsung kepada peserta didik dalam melakukan proses ilmiah, sehingga memungkinkan mereka untuk memahami konsep secara lebih mendalam dan kontekstual. Arini & Damayanti (2022) dalam penelitiannya menyatakan bahwa kegiatan praktikum tidak hanya mampu menumbuhkan motivasi belajar siswa, tetapi juga menjadi sarana penting dalam mengembangkan kompetensi eksperimen, memahami pendekatan ilmiah, serta mendukung pencapaian tujuan pembelajaran secara lebih optimal. Dengan demikian, praktikum memiliki peran strategis dalam membangun keterampilan proses sains peserta didik secara utuh.

Implementasi praktikum di sekolah masih menghadapi berbagai kendala yang berdampak pada kurang optimalnya pengembangan keterampilan proses sains. Darmayanti *et al* (2023) mengungkapkan bahwa keterbatasan sarana prasarana, seperti alat dan bahan untuk praktikum, serta keterbatasan waktu pembelajaran menjadi hambatan utama dalam pelaksanaan praktikum. Aspek pedagogis juga turut memengaruhi, seperti kurangnya kesiapan guru dalam merancang dan memfasilitasi kegiatan praktikum yang bermakna. Temuan Haerullah & Suparman (2016) menunjukkan bahwa pelaksanaan praktikum IPA cenderung bersifat prosedural dan tekstual, di mana peserta didik hanya mengikuti langkah-langkah tanpa memahami tujuan dan konsep yang mendasarinya. Akibatnya, keterampilan proses sains seperti merumuskan hipotesis, menganalisis data, dan menarik kesimpulan tidak berkembang secara optimal. Peserta didik juga cenderung kehilangan fokus dan keterlibatan ketika kegiatan praktikum tidak dirancang secara menarik dan bermakna (Oliveira & Bonito, 2023). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa permasalahan praktikum tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga berkaitan dengan kualitas desain pembelajaran yang belum berorientasi pada pengembangan keterampilan proses sains.

Perkembangan teknologi digital memberikan peluang untuk mengatasi keterbatasan tersebut melalui pemanfaatan *virtual laboratory* sebagai media pembelajaran. *Virtual laboratory* memungkinkan peserta didik melakukan eksperimen secara simulatif, sehingga dapat mengatasi keterbatasan alat, bahan, dan waktu. Penggunaan *virtual laboratory* juga berpotensi meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran karena bersifat interaktif dan visual. Hikmah *et al* (2017) menyatakan bahwa *virtual laboratory* dapat meningkatkan efisiensi pembelajaran serta membuat proses belajar menjadi lebih menarik. Melalui eksplorasi berbasis simulasi, peserta didik dapat melatih keterampilan proses sains seperti observasi, prediksi, dan interpretasi data. Penggunaan *virtual laboratory* dalam praktiknya masih cenderung diposisikan sebagai pengganti praktikum nyata, sehingga pengalaman belajar peserta didik menjadi kurang lengkap karena tidak diimbangi dengan kegiatan eksperimen langsung.

Model pembelajaran inkuiri, khususnya inkuiri terkonfirmasi telah banyak digunakan dalam pembelajaran IPA untuk melatih kemampuan berpikir ilmiah peserta didik. Inkuiri terkonfirmasi merupakan metode dimana siswa mempelajari dan memahami suatu materi yang hasilnya telah mereka ketahui hasilnya. Metode ini sangat efektif untuk mengajarkan pada siswa proses melakukan penelitian atau eksperimen (Nurwahid *et al.*, 2024). Namun dalam penerapannya sering kali seringkali hanya difokuskan pada tahap pembuktian konsep tanpa diawali dengan proses eksplorasi yang memadai. Peserta didik menjadi kurang memiliki pengalaman dalam membangun pemahaman awal secara mandiri sebelum melakukan verifikasi konsep. Kajian literatur menunjukkan bahwa *virtual laboratory* dan inkuiri terkonfirmasi sama-sama memiliki potensi besar dalam mengembangkan keterampilan proses sains. Namun, pemanfaatan keduanya masih cenderung terpisah dan belum terintegrasi dalam suatu desain pembelajaran yang sistematis.

Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan dalam pembelajaran IPA, yaitu belum adanya model pembelajaran yang secara terstruktur mengintegrasikan tahap eksplorasi berbasis *virtual laboratory* dengan tahap konfirmasi melalui praktikum nyata dalam satu alur pembelajaran inkuiri yang utuh. Padahal, integrasi kedua pendekatan tersebut berpotensi memberikan pengalaman belajar yang lebih komprehensif, mulai dari membangun pemahaman awal hingga memverifikasi konsep melalui pengalaman langsung. Oleh karena itu, artikel ini akan membahas terkait pengembangan dan analisis efektivitas model pembelajaran VILCO dalam mengoptimalkan keterampilan proses sains peserta didik pada pembelajaran IPA.

METODE PENELITIAN

Artikel ini merupakan penelitian konseptual dengan pendekatan studi literatur (*literature review*). Data dikumpulkan melalui kajian berbagai sumber pustaka berupa artikel jurnal ilmiah, buku, dan prosiding yang relevan dengan topik *virtual laboratory*, inkuiri terkonfirmasi, keterampilan proses sains, serta pembelajaran materi magnet. Sumber yang digunakan dipilih berdasarkan kriteria relevansi terhadap topik dan publikasi dalam kurun waktu 10 tahun terakhir untuk menjamin keterbaruan informasi.

Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif melalui tahapan identifikasi konsep-konsep utama, pengelompokan temuan penelitian sebelumnya, serta sintesis untuk merumuskan model pembelajaran yang diusulkan. Proses analisis ini bertujuan untuk menghasilkan kerangka konseptual model VILCO yang terintegrasi dan sistematis.

PEMBAHASAN

Keterampilan Proses Sains dalam Pembelajaran IPA

Keterampilan proses sains merupakan fondasi utama dalam pembelajaran IPA karena berperan dalam membentuk kemampuan berpikir ilmiah peserta didik. Keterampilan ini diidentifikasi meliputi observasi, pengukuran, klasifikasi, komunikasi, prediksi, inferensi, penggunaan angka, penggunaan hubungan ruang/waktu, mengajukan pertanyaan, mengidentifikasi dan mengontrol variabel, merumuskan hipotesis, mendefinisikan secara operasional, merancang eksperimen, dan menginterpretasi data (Gizaw & Sota, 2023). Keterampilan tersebut tidak hanya mendukung pemahaman konsep, tetapi juga meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah.

Penguasaan keterampilan proses sains (KPS) berkontribusi langsung terhadap pemahaman konsep yang lebih mendalam, karena peserta didik tidak hanya menerima informasi, tetapi juga membangun pengetahuan melalui proses ilmiah. Pembelajaran yang bersifat teoritis dan berpusat pada guru cenderung tidak mampu mengembangkan keterampilan proses sains secara optimal. Peserta didik kurang terlibat dalam pemecahan masalah secara aktif

sehingga sulit menghubungkan pembelajaran konsep sains dengan proses sains itu sendiri, sehingga pemahaman yang terbentuk bersifat dangkal (Zvoch *et al.*, 2021). Kondisi ini menunjukkan bahwa pengembangan KPS harus menjadi fokus utama dalam desain pembelajaran IPA.

Permasalahan Implementasi Praktikum dalam Mengembangkan KPS

Implementasi praktikum di sekolah yang seharusnya menjadi sarana utama pengembangan KPS masih menghadapi berbagai kendala yang kompleks. Kendala tersebut tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga pedagogis. Candra & Hidayati (2020) Keterbatasan alat dan bahan praktikum menyebabkan tidak semua kegiatan eksperimen dapat dilaksanakan secara optimal. Selain itu, keterbatasan waktu dan pembiasaan peserta didik dalam memanfaatkan alat dalam laboratorium untuk memecahkan masalah masih kurang.

Aspek pedagogis juga menjadi faktor yang signifikan. Praktikum yang dilakukan cenderung bersifat prosedural, di mana peserta didik hanya mengikuti langkah-langkah yang telah ditentukan tanpa dilibatkan dalam proses berpikir ilmiah. Akibatnya, keterampilan seperti merumuskan hipotesis, mengidentifikasi variabel, dan menganalisis data tidak berkembang secara optimal. Selain itu, kurangnya kesempatan bagi siswa untuk terlibat dalam aktivitas pemecahan masalah aktif menyebabkan siswa kesulitan menghubungkan konsep sains dengan proses ilmiah yang sebenarnya, sehingga keterampilan berpikir tingkat tinggi tidak berkembang secara maksimal. Temuan ini sejalan dengan penelitian Zvoch *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa pembelajaran yang minim keterlibatan aktif siswa menghambat pemahaman terhadap proses sains.

Potensi Virtual Laboratory dan Inkuiri Terkonfirmasi

Virtual laboratory memiliki keunggulan dalam menyediakan lingkungan belajar yang interaktif, fleksibel, dan mencegah peserta didik mengalami kecelakaan kerja. Melalui simulasi, peserta didik dapat melakukan eksplorasi terhadap berbagai fenomena yang sulit dilakukan secara langsung di laboratorium nyata (Wijaya *et al.*, 2025). Santos & Prudente (2022) mengungkapkan bahwa, *virtual laboratory* memungkinkan peserta didik untuk memiliki kesempatan tak terbatas untuk mengulang simulasi, memanipulasi variabel, dan mengamati hasil secara langsung melalui umpan balik instan, sehingga sangat efektif dalam melatih keterampilan observasi dan prediksi.

Meskipun demikian, *virtual laboratory* memiliki keterbatasan dalam memberikan pengalaman nyata (*hands-on experience*). Peserta didik tidak secara langsung berinteraksi dengan alat dan bahan, sehingga keterampilan manipulatif dan pengalaman empiris tidak berkembang secara optimal. Ketidadaan interaksi fisik dengan peralatan eksperimen dapat membatasi pemahaman siswa serta menghambat perkembangan keterampilan praktis yang esensial dalam pembelajaran sains (Meronda *et al.*, 2025). Selain itu, laboratorium virtual juga kurang mampu memberikan pengalaman sensorik secara langsung, sehingga kedalaman pengalaman *hands-on* menjadi terbatas dibandingkan dengan laboratorium nyata (Potkonjak *et al.*, 2016).

Pendekatan inkuiri terkonfirmasi memiliki keunggulan dalam tahap pembuktian konsep melalui eksperimen nyata. Pendekatan ini mampu melatih keterampilan proses sains pada tahap lanjutan, seperti pengujian hipotesis dan analisis data. Junika *et al.* (2025) mengungkapkan bahwa pembelajaran inkuiri mencakup pemahaman bahwa ini adalah suatu proses investigasi yang sistematis dimana peserta didik mengajukan pertanyaan-pertanyaan substantif, mengumpulkan dan menganalisis bukti-bukti, membuat interpretasi dan kesimpulan, serta mengkomunikasikan temuan-temuan mereka. Namun, kelemahan pendekatan ini terletak pada

kurangnya tahap eksplorasi awal, sehingga peserta didik seringkali melakukan eksperimen tanpa memiliki pemahaman awal yang kuat.

Analisis ini menunjukkan bahwa *virtual laboratory* dan inkuiri terkonfirmasi memiliki keunggulan yang saling melengkapi dalam pembelajaran IPA. *Virtual laboratory* memberikan ruang eksplorasi yang luas bagi peserta didik untuk mengamati fenomena, memanipulasi variabel, dan membangun pemahaman awal secara mandiri melalui simulasi interaktif. Sedangkan, inkuiri terkonfirmasi berperan penting dalam tahap pembuktian konsep melalui kegiatan eksperimen nyata yang memungkinkan peserta didik memperoleh pengalaman langsung (*hands-on experience*) dan memperkuat pemahaman konseptual.

Integrasi kedua pendekatan tersebut berpotensi menghasilkan pembelajaran yang lebih komprehensif dan bermakna. Peserta didik tidak hanya memahami konsep secara teoritis melalui eksplorasi virtual, tetapi juga mampu membuktikannya secara empiris melalui praktikum nyata. Proses ini memungkinkan terjadinya keterkaitan yang kuat antara konsep dan fakta, sehingga pembelajaran menjadi lebih mendalam. Selain itu, integrasi ini juga mendukung pengembangan keterampilan proses sains secara lebih utuh karena peserta didik terlibat dalam seluruh tahapan proses ilmiah, mulai dari eksplorasi hingga verifikasi konsep.

Sintaks Model Pembelajaran VILCO

Model pembelajaran VILCO (Virtual Laboratory–Confirmation Inquiry) dikembangkan sebagai model pembelajaran terpadu yang mengintegrasikan eksplorasi berbasis teknologi dengan pembuktian konsep melalui eksperimen nyata. Model ini dirancang untuk menjembatani kesenjangan antara pemahaman konseptual dan pengalaman empiris dalam pembelajaran IPA. Sintaks model VILCO disusun secara sistematis untuk memfasilitasi pengembangan keterampilan proses sains secara bertahap dan berkelanjutan. Berikut adalah sintaks pembelajaran VILCO:

1. Orientasi Masalah

Guru menyajikan fenomena kontekstual yang relevan dengan kehidupan sehari-hari untuk menstimulasi rasa ingin tahu peserta didik. Pada tahap ini, guru berperan sebagai fasilitator yang mengarahkan siswa untuk mengidentifikasi masalah dan mengajukan pertanyaan awal. Keterampilan yang dilatih meliputi observasi awal dan kemampuan bertanya.

2. Eksplorasi melalui *virtual laboratory*

Peserta didik melakukan eksplorasi konsep menggunakan *virtual laboratory*. Siswa diberikan kesempatan untuk mengamati fenomena, memanipulasi variabel, dan mengidentifikasi hubungan antar variabel. Tahap ini berfungsi sebagai *conceptual scaffolding* yang membantu peserta didik membangun pemahaman awal. Keterampilan yang dilatih meliputi observasi, klasifikasi, dan prediksi.

3. Perumusan Hipotesis

Peserta didik merumuskan hipotesis berdasarkan hasil eksplorasi yang telah dilakukan. Hipotesis disusun secara logis dan berbasis pada pola yang diamati selama simulasi. Tahap ini penting untuk melatih kemampuan berpikir ilmiah dan penalaran deduktif.

4. Praktikum Nyata (Confirmation Inquiry)

Peserta didik melakukan eksperimen secara langsung untuk menguji hipotesis yang telah dirumuskan. Guru memberikan panduan yang bersifat terbuka sehingga peserta didik tetap memiliki ruang untuk berpikir dan mengambil keputusan. Tahap ini melatih keterampilan merancang dan melakukan eksperimen.

5. Analisis dan Interpretasi Data

Data hasil eksperimen dianalisis oleh peserta didik untuk menentukan apakah hipotesis yang diajukan didukung atau tidak. Peserta didik dilatih untuk menginterpretasikan data secara logis dan sistematis, serta menghubungkannya dengan konsep yang dipelajari.

6. Penarikan Kesimpulan dan Komunikasi

Peserta didik menyimpulkan hasil pembelajaran berdasarkan data yang diperoleh, kemudian mengomunikasikan hasil tersebut dalam bentuk laporan atau presentasi. Tahap ini melatih kemampuan komunikasi ilmiah dan refleksi terhadap proses pembelajaran.

Sintaks tersebut menunjukkan bahwa model VILCO menyusun alur pembelajaran yang utuh dan berkesinambungan. Setiap tahap dirancang untuk mengembangkan aspek keterampilan proses sains yang berbeda namun saling berkaitan. Model ini memberikan pengalaman belajar yang komprehensif karena peserta didik terlibat dalam seluruh tahapan proses ilmiah, mulai dari eksplorasi hingga verifikasi konsep.

Contoh Penerapan Model VILCO

Penerapan model VILCO dapat dilakukan pada materi IPA, salah satunya yaitu pada materi magnet. Proses penerapan model VILCO pada materi magnet dapat dijelaskan sebagai berikut. Pembelajaran diawali dengan mengaitkan konsep magnet dengan fenomena yang dekat dengan kehidupan sehari-hari peserta didik. Pendekatan ini bertujuan untuk membangun konteks pembelajaran yang bermakna serta memudahkan peserta didik dalam memahami konsep yang akan dipelajari.

Pada tahap orientasi, guru menyajikan fenomena berupa interaksi magnet dengan berbagai benda di lingkungan sekitar, seperti paku, kertas, dan plastik. Guru kemudian mengajukan pertanyaan pemantik seperti “mengapa hanya benda tertentu yang dapat ditarik oleh magnet?”. Pertanyaan ini dirancang untuk menimbulkan rasa ingin tahu dan mendorong peserta didik melakukan pengamatan awal. Tahap ini juga membantu mengaktifkan pengetahuan awal serta melatih kemampuan mengidentifikasi masalah.

Pada tahap eksplorasi, peserta didik menggunakan virtual laboratory untuk menguji interaksi magnet dengan berbagai jenis material. Peserta didik dapat memanipulasi jenis benda dan jarak magnet untuk mengamati perubahan gaya tarik secara lebih fleksibel. Kegiatan ini memungkinkan peserta didik menemukan pola hubungan antar variabel melalui simulasi yang interaktif. Hasil eksplorasi membantu siswa memahami bahwa tidak semua benda memiliki respons yang sama terhadap magnet.

Tahap perumusan hipotesis dilakukan dengan menyusun dugaan berdasarkan hasil eksplorasi yang telah dilakukan. Peserta didik dapat merumuskan hipotesis, misalnya “benda yang mengandung logam tertentu dapat ditarik oleh magnet”. Beberapa peserta didik juga mulai mengembangkan pemahaman lebih lanjut dengan membedakan jenis logam berdasarkan hasil pengamatan. Tahap ini melatih kemampuan berpikir ilmiah serta penalaran logis dalam menyusun dugaan yang dapat diuji.

Pada tahap praktikum nyata, peserta didik menguji hipotesis dengan menggunakan magnet dan berbagai benda nyata seperti besi, aluminium, kayu, dan plastik. Peserta didik melakukan percobaan secara langsung untuk melihat apakah dugaan yang telah dibuat sesuai dengan hasil empiris. Data hasil pengamatan dicatat secara sistematis dalam bentuk tabel untuk memudahkan analisis. Kegiatan ini memberikan pengalaman langsung yang memperkuat pemahaman konsep.

Tahap analisis dilakukan dengan membandingkan hasil eksperimen dengan hipotesis awal yang telah dirumuskan. Peserta didik mulai mengidentifikasi kesesuaian atau ketidaksesuaian antara dugaan dan hasil percobaan. Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak semua logam bersifat magnetik, sehingga terjadi proses revisi konsep. Guru kemudian

memfasilitasi diskusi untuk memperkuat pemahaman peserta didik mengenai bahan feromagnetik dan sifat-sifatnya.

Tahap akhir berupa penarikan kesimpulan dan komunikasi hasil pembelajaran. Peserta didik menyimpulkan bahwa hanya bahan tertentu seperti besi yang dapat ditarik oleh magnet berdasarkan data yang telah diperoleh. Hasil temuan kemudian dikomunikasikan melalui presentasi atau laporan tertulis. Tahap ini melatih kemampuan komunikasi ilmiah serta refleksi terhadap proses pembelajaran yang telah dilakukan.

Contoh penerapan ini menunjukkan bahwa model VILCO mampu mengintegrasikan pengalaman belajar digital dan nyata dalam satu alur pembelajaran yang sistematis. Peserta didik tidak hanya memahami konsep secara teoritis, tetapi juga membuktikannya melalui pengalaman langsung. Model ini juga melatih seluruh indikator keterampilan proses sains secara berurutan dan bermakna, sehingga pembelajaran menjadi lebih komprehensif.

Implikasi Model VILCO terhadap Pembelajaran IPA

Model VILCO memiliki implikasi penting dalam meningkatkan kualitas pembelajaran IPA. Model ini mampu mengatasi keterbatasan praktikum dengan memanfaatkan teknologi sebagai tahap awal pembelajaran yang lebih fleksibel dan efisien. Pemanfaatan virtual laboratory memungkinkan peserta didik tetap melakukan eksplorasi meskipun terdapat keterbatasan alat, bahan, maupun waktu. Model ini juga mendorong keterlibatan aktif peserta didik melalui kegiatan eksplorasi dan eksperimen yang terstruktur, sehingga pembelajaran menjadi lebih interaktif dan berpusat pada siswa.

Integrasi antara *virtual laboratory* dan inkuiri terkonfirmasi menjadikan pembelajaran lebih bermakna karena peserta didik tidak hanya menerima informasi, tetapi juga mengalami proses penemuan dan pembuktian konsep secara langsung. Proses ini membantu peserta didik membangun pemahaman yang lebih mendalam karena terjadi keterkaitan antara pengalaman virtual dan pengalaman nyata. Keterlibatan dalam seluruh tahapan proses ilmiah juga berkontribusi terhadap pengembangan keterampilan proses sains secara lebih optimal. Model VILCO dengan demikian dapat menjadi alternatif inovatif dalam pembelajaran IPA yang relevan dengan tuntutan era digital serta kebutuhan pembelajaran abad ke-21.

KESIMPULAN

Keterampilan proses sains merupakan komponen esensial dalam pembelajaran IPA yang perlu dikembangkan melalui pengalaman belajar yang aktif dan bermakna, namun implementasi praktikum di sekolah masih menghadapi berbagai kendala baik dari aspek teknis maupun pedagogis yang menyebabkan pembelajaran cenderung prosedural dan kurang mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah peserta didik. Pemanfaatan *virtual laboratory* dan pendekatan inkuiri terkonfirmasi masing-masing memiliki keunggulan dalam mendukung pembelajaran, di mana *virtual laboratory* efektif dalam memfasilitasi eksplorasi konsep secara interaktif, sedangkan inkuiri terkonfirmasi berperan dalam memvalidasi konsep melalui eksperimen nyata. Integrasi kedua pendekatan tersebut diwujudkan dalam model pembelajaran VILCO (*Virtual Laboratory–Confirmation Inquiry*) yang dirancang dengan sintaks sistematis meliputi orientasi masalah, eksplorasi, perumusan hipotesis, praktikum nyata, analisis data, serta penarikan kesimpulan dan komunikasi hasil. Penerapan model ini pada materi magnet menunjukkan bahwa VILCO mampu memberikan pengalaman belajar yang utuh dan terintegrasi, sehingga berpotensi mengoptimalkan keterampilan proses sains peserta didik serta menjadi alternatif inovatif dalam pembelajaran IPA di era digital.

DAFTAR PUSTAKA

- Arini, N. K. M., & Darmayanti, N. W. S. (2022). Analisis kebutuhan guru terhadap panduan praktikum IPA. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sains Indonesia (JPPSI)*, 5(1), 12-19.
- Candra, R., & Hidayati, D. (2020). Penerapan praktikum dalam meningkatkan keterampilan proses dan kerja peserta didik di laboratorium IPA. *Eduagama: Jurnal Kependidikan Dan Sosial Keagamaan*, 6(1), 26-37.
- Darmayanti, N. W. S., Janawati, D. P. A., Sudirman, I. N., Lismayanti, N. L., & Persi, N. N. (2023). Overcoming Hurdles in Science Practicum: Exploring Challenges and Solutions for Fifth Grade Students: Mengatasi Kendala Praktikum Sains: Menggali Tantangan dan Solusi Bagi Siswa Kelas V. *Pedagogia: Jurnal Pendidikan*, 12(2), 128-136.
- Ekici, M., & Erdem, M. (2020). Developing Science Process Skills Through Mobile Scientific Inquiry. *Thinking Skills and Creativity*, 36, 100658.
- Gizaw, G., & Sota, S. (2023). Improving science process skills of students: A review of literature. *Science Education International*, 34(3), 216-224.
- Haerullah, A., & Suparman. (2016). Pelatihan dan Pendampingan Praktikum IPA Kontekstual Bagi Guru-guru setingkat SDdi MIN SasaKota Ternate. *Jurnal Ilmiah Widya Pendidikan*, 4(2).
- Hikmah, N., Saridewi, N., & Agung, S. (2017). Penerapan laboratorium virtual untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa. *EduChemia: Jurnal Kimia dan Pendidikan*, 2(2), 186-195.
- Junika, C., Natalia, N., Yuliana, A., & Wahyuti, S. (2025). Pembelajaran Inkuiri: Konsep, Prinsip, dan Penerapannya. *Jejak digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(6), 4315-4321.
- 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.
- Nurwahid, H., Sulla, F. Y., & Barella, Y. (2024). Inquiry learning: Pengertian, sintaks dan contoh implementasi di kelas. *Indonesian Journal on Education and Learning*, 1(2), 39-43.
- Oliveira, H., & Bonito, J. (2023, May). Practical work in science education: a systematic literature review. *In Frontiers in Education* (Vol. 8, p. 1151641).
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309-327.
- Santos, M. L., & Prudente, M. (2022). Effectiveness of virtual laboratories in science education: A meta-analysis. *International Journal of Information and Education Technology*, 12(2), 150-156.
- Wijaya, I. K. W. B., Sudatha, I. G. W., Suartama, I. K., & Santosa, M. H. (2025). Penggunaan laboratorium virtual dalam pembelajaran ilmu pengetahuan alam (IPA): Systematic literature review. *Jurnal Studi Guru dan Pembelajaran*, 8(2), 952-961.
- Zvoch, K., Holveck, S., & Porter, L. (2021). Teaching for conceptual change in a density unit provided to seventh graders: a comparison of teacher-and student-centered approaches. *Research in Science Education*, 51(5), 1395-1421.