

Pengembangan Panduan Praktikum Listrik Magnet Berbasis Inkuiri Bertingkat Berbantuan Laboratorium Virtual untuk Melatih Kemampuan Pemecahan Masalah

Dudung Abdurrahman^{1)*}, Siti Romlah Noer Hodijah¹⁾

¹⁾Pendidikan IPA, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

*Corresponding Author: dudung.abdurrahman@untirta.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan panduan praktikum listrik magnet berbasis inkuiri bertingkat berbantuan laboratorium virtual untuk melatih keterampilan pemecahan masalah mahasiswa. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan 4D yang meliputi tahap *define, design, develop, dan disseminate*. Produk yang dikembangkan berupa panduan praktikum yang menerapkan inkuiri jenis *structured inquiry, guided inquiry, dan open inquiry* serta memanfaatkan laboratorium virtual pada kegiatan pra-laboratorium. Validasi produk dilakukan pada aspek kelayakan isi, desain praktikum, kebahasaan, dan media. Hasil validasi menunjukkan bahwa panduan praktikum memperoleh nilai validitas sebesar 96,4% pada aspek kelayakan isi, 96,25% pada aspek desain praktikum, 97,9% pada aspek kebahasaan, dan 95,8% pada aspek media dengan seluruh aspek berada pada kategori sangat valid. Panduan praktikum yang dikembangkan dinilai mampu memfasilitasi keterampilan pemecahan masalah melalui tahapan memahami masalah, merencanakan penyelesaian, melaksanakan rencana, dan memeriksa kembali berdasarkan kerangka Polya. Integrasi laboratorium virtual pada kegiatan pra-lab juga membantu meningkatkan kesiapan konseptual mahasiswa sebelum melaksanakan praktikum nyata. Dengan demikian, panduan praktikum listrik magnet berbasis inkuiri bertingkat berbantuan laboratorium virtual layak digunakan dalam praktikum fisika untuk mendukung kegiatan praktikum dan melatih keterampilan pemecahan masalah mahasiswa.

Kata Kunci: Inkuiri Bertingkat; Keterampilan Pemecahan Masalah; Laboratorium Virtual; Panduan Praktikum

This is an open access article under the CC - BY license.



PENDAHULUAN

Keterampilan pemecahan masalah merupakan kemampuan kognitif tingkat tinggi yang melibatkan analisis, penalaran, dan refleksi untuk memahami serta menyelesaikan permasalahan melalui proses mengidentifikasi masalah, merancang dan melaksanakan solusi, hingga mengevaluasi hasil (Gao et al., 2024; Nurdini et al., 2025). Urgensi penguasaan keterampilan ini menjadi krusial di tengah perubahan global abad 21 yang berlangsung cepat dan dinamis. Eksplosi informasi menuntut individu tidak hanya mampu mengakses informasi, tetapi juga mampu mengolahnya secara kritis menjadi solusi yang aplikatif dalam berbagai situasi. Relevansi kemampuan ini juga didukung oleh hasil survei *American Institute of Physics* dan *Council of Science and Technology* bahwa keterampilan pemecahan masalah menjadi kompetensi utama yang dibutuhkan dalam dunia kerja berbasis sains dan teknologi (Widowati et al., 2017). Keterampilan ini diperlukan untuk menyesuaikan diri dengan berbagai situasi baik saat di sekolah ataupun kehidupan di luar sekolah (Tyas & Mundilarto, 2019). Sejalan dengan tuntutan tersebut, pendidikan modern diarahkan untuk membekali individu dengan kemampuan penyelesaian masalah, komunikasi, kolaborasi dan menerapkan berpikir tingkat tinggi (Özyurt, 2015; Sari et al., 2022)

Pembelajaran fisika juga menuntut keterampilan pemecahan masalah yang perlu dikembangkan baik dalam proses pembelajaran maupun sebagai pencapaian hasil belajar (Erika et al., 2024; Musengimana et al., 2025; Ubaidillah & Wilujeng, 2019). Dalam proses pembelajaran, keterampilan pemecahan masalah dapat difasilitasi secara optimal melalui praktikum dengan pemberian masalah dan penyelesaiannya secara ilmiah (Fitriyah et al., 2018). Melalui praktikum, mahasiswa aktif dalam tahapan pemecahan masalah mulai dari mengidentifikasi masalah, merancang percobaan, melakukan percobaan, menganalisis dan menyimpulkan sebagai dasar penentuan solusi. Serangkaian aktivitas ini memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk mengembangkan dan membangun pengetahuan serta keterampilan. Keterlibatan aktif mahasiswa dalam

membangun pengetahuan menjadi cara yang dapat melatih keterampilan pemecahan masalah (Tyas & Mundilarto, 2019).

Praktikum fisika masih banyak dilaksanakan dengan panduan praktikum bersifat *cookbook*. Pada jenis praktikum ini mahasiswa cenderung tidak diberi ruang untuk mengeksplorasi, merumuskan masalah maupun menemukan pengetahuan yang baru secara mandiri, mereka hanya mengkonfirmasi apa yang telah mereka pelajari (de Jong et al., 2023). Kegiatan ini kurang melibatkan aktivitas kognitif karena aktivitas yang dilakukan hanya bersifat prosedural. Ketika langkah-langkah praktikum tidak lagi diberikan, mahasiswa cenderung kesulitan dalam menentukan tindakan yang akan dilakukan serta tidak mampu menemukan jawaban yang valid dan reliabel secara mandiri (Pols et al., 2022). Ini menunjukkan kegiatan praktikum kurang bermakna, tidak kontekstual dan kurang mampu mengaitkan konsep fisika dengan kehidupan nyata (Widowati et al., 2017). Pola praktikum ini kurang melatih keterampilan pemecahan masalah karena tidak memfasilitasi untuk mengidentifikasi, membuat strategi penyelesaian masalah, serta mengevaluasi hasil.

Praktikum berbasis inkuiri dapat menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan dari praktikum yang bersifat *cookbook*. Pada jenis praktikum ini, mahasiswa diberikan suatu permasalahan di awal pembelajaran yang menjadi acuan mereka dalam mengembangkan kegiatan praktikum secara mandiri. Mahasiswa diberi kebebasan secara bertanggungjawab untuk melakukan penyelidikan dengan metode investigasi ilmiah mulai dari penyusunan hipotesis, perancangan eksperimen, pengumpulan data, hingga penarikan kesimpulan berdasarkan temuan empiris (Flegr et al., 2023; Stout, 2016). Dalam prosesnya, mahasiswa didorong untuk berpikir kritis, logis, dan sistematis dalam penyelesaian masalah secara ilmiah. Serangkaian aktivitas yang dilakukan mahasiswa menjadikan kegiatan praktikum lebih bermakna sehingga berpengaruh terhadap pencapaian hasil belajar, dan kemampuan pemecahan masalah (Pols et al., 2022; Wijayanti et al., 2020).

Perkembangan teknologi memungkinkan praktikum di laboratorium dapat disimulasikan dalam bentuk laboratorium virtual. Laboratorium virtual merupakan media berbasis perangkat lunak yang memungkinkan untuk proses observasi atau eksperimen dilakukan secara digital (Ilyas et al., 2022). Melalui kegiatan laboratorium virtual, mahasiswa dapat melakukan praktikum secara berulang dan lebih fleksibel. Mahasiswa dapat secara leluasa untuk menguji berbagai kemungkinan, memodifikasi variabel serta mengamati fenomena secara langsung dampak dari modifikasi yang dilakukan (Gunawan et al., 2017). Selain itu, visualisasi dalam laboratorium virtual membantu mahasiswa dalam memahami konsep-konsep abstrak. Karakteristiknya yang fleksibel memungkinkan penggunaannya diintegrasikan dalam pembelajaran atau praktikum, baik di awal sebagai sarana eksplorasi konsep maupun pada akhir sebagai penguatan pemahaman sehingga membantu mencapai hasil belajar yang lebih optimal.

Beberapa penelitian sebelumnya mengenai praktikum berbasis inkuiri maupun pemanfaatan laboratorium virtual telah menunjukkan potensi dalam meningkatkan pemahaman konsep serta kemampuan pemecahan masalah. Penelitian oleh Agustina et al. (2020), Nurjannah et al. (2021), dan Sanggara et al. (2018) hanya menggunakan satu tingkat inkuiri (*guided inquiry*) yang diintegrasikan virtual laboratorium. Bunterm et al. (2014) membandingkan dua tingkat inkuiri (*structured* dan *guided*) dan menemukan bahwa tingkat inkuiri yang lebih tinggi menghasilkan capaian yang lebih tinggi. Alanazi et al. (2024) menegaskan perlu *scaffolding* dalam pembelajaran berbasis inkuiri agar kemampuan pemecahan masalah dapat berkembang optimal. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, belum ada penelitian yang secara sistematis mengintegrasikan ketiga tingkat inkuiri (*structured*, *guided*, *open inquiry*). Menurut Baur (2023) melepaskan kemandirian praktikum terlalu cepat (misalnya langsung ke *open inquiry*) kurang efektif dalam mencapai hasil pembelajaran yang optimal bagi yang belum terbiasa. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan panduan praktikum listrik magnet berbasis inkuiri bertingkat berbantuan laboratorium virtual untuk melatih kemampuan pemecahan masalah mahasiswa. Pengembangan dilakukan melalui tahapan inkuiri yang meningkat secara bertahap dari *structured inquiry* menuju *open inquiry* guna mendukung kemandirian investigasi ilmiah.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (RnD) dengan model pengembangan 4D (*define*, *design*, *develop*, dan *disseminate*) sebagai kerangka untuk memandu dalam proses perencanaan, pembuatan, dan pengembangan panduan praktikum listrik magnet berbasis inkuiri bertingkat berbantuan laboratorium virtual. Model 4D ini dipilih karena menyajikan langkah-langkah operasional yang sistematis dan jelas sehingga proses

pengembangan menjadi lebih terarah (Azisah et al., 2024). Penelitian ini dibatasi sampai pada tahap *develop*, yaitu tahap pengembangan produk yang telah divalidasi oleh ahli tanpa dilakukan uji coba lapangan maupun pengukuran efektivitas produk terhadap keterampilan pemecahan masalah.

Subjek penelitian ini melibatkan empat orang ahli yang bertugas dalam menilai kelayakan panduan praktikum yang dikembangkan. Validator tersebut terdiri atas dua dosen pengampu praktikum fisika, satu dosen pengampu mata kuliah rumpun fisika, dan satu dosen pengampu mata kuliah pengembang media pembelajaran. Pemilihan validator didasarkan pada kompetensi dan pengalaman pada bidang fisika atau praktikum fisika, serta pengembangan media pembelajaran.

Prosedur penelitian dalam pengembangan panduan praktikum ini mengacu pada tahapan model 4D. Tahap pertama, yaitu *define*. Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan melalui pengamatan pada kegiatan praktikum listrik magnet, serta kajian terhadap materi dan capaian mata kuliah (CPMK) untuk menjadi dasar penyusunan panduan praktikum. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh gambaran mengenai kebutuhan pengembangan panduan praktikum yang dapat mendukung keterampilan pemecahan masalah. Kedua *design*, tahap ini dilakukan perencanaan panduan praktikum listrik magnet berdasarkan hasil analisis pada tahap *define*. Kegiatan pada tahap *design* meliputi penyusunan struktur dan sistematika panduan praktikum, perencanaan aktivitas pada setiap tingkatan inkuiri, pemilihan integrasi laboratorium virtual, penyusunan instrumen penilaian panduan praktikum. Ketiga *develop*, dilakukan pengembangan panduan praktikum sesuai rancangan yang telah disusun, melakukan validasi oleh validator untuk menilai kelayakan isi, penyajian dan bahasa, serta tingkatan inkuiri, dan peran dari laboratorium virtual dalam mendukung kegiatan labortorium. Masukan dan saran validator digunakan untuk revisi produk hingga diperoleh panduan praktikum yang layak digunakan.

Instrumen yang digunakan adalah lembar validasi berbentuk skala Likert. Lembar validasi mencakup aspek kelayakan isi, desain praktikum, media, dan bahasa. Data hasil validasi dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif dengan persamaan (1) dan dikategorikan sesuai pada Tabel 1.

$$\%P = \frac{\text{skor dari validator}}{\text{skor maksimal}} \times 100\% \quad (1)$$

Tabel 1. Kategori Validitas (Lestari et al., 2025)

No	Rentang Persentase	Keterangan
1	0-20	Tidak Valid
2	21-40	Kurang Valid
3	41-60	Cukup Valid
4	61-80	Valid
5	81-100	Sangat Valid

HASIL DAN PEMBAHASAN

Define

Pada tahap ini dilakukan observasi terhadap kegiatan praktikum listrik magnet. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa panduan praktikum digunakan bersifat *cookbook*, dimana peserta cenderung mengikuti prosedur yang telah disediakan tanpa terlibat proses investigasi secara mandiri. Mahasiswa lebih berfokus pada mengikuti langkah-langkah praktikum dibandingkan memahami alasan ilmiah dari setiap prosedur yang dilakukan. Hal ini mengindikasikan mahasiswa belum siap untuk melaksanakan praktikum. Kondisi ini juga menunjukkan bahwa kegiatan praktikum belum sepenuhnya memfasilitasi pengembangan keterampilan pemecahan masalah, karena mahasiswa tidak dilatih untuk mengidentifikasi masalah, merancang strategi penyelesaian, maupun mengambil keputusan selama proses eksperimen. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan panduan praktikum yang mampu mendorong keterlibatan aktif mahasiswa melalui kegiatan investigasi berbasis inkuiri.

Design

Pada tahap *design* dilakukan perancangan panduan praktikum berbasis inkuiri dengan jenis inkuiri *structured*, *guided*, dan *open* untuk membantu mahasiswa melatih keterampilan pemecahan masalah. Materi listrik magnet yang dikembangkan meliputi hambatan listrik dan hukum ohm, rangkaian hambatan listrik, dan medan

magnet. Tugas yang ada di panduan praktikum dirancang untuk melatih keterampilan pemecahan masalah menurut Polya, yaitu memahami masalah, merencanakan penyelesaian, melaksanakan rencana, dan memeriksa kembali (Yuliani et al., 2025). Kemudian digunakan juga laboratorium virtual yang dipasang di awal sebagai tugas pra-lab. Dalam hal ini PheT Interactive Simulation dan JavaLab digunakan membangun pemahaman awal.

Develop

Ketepatan panduan praktikum terhadap tujuan pengembangannya dinilai oleh validator ahli berdasarkan aspek kelayakan isi, desain praktikum, bahasa, dan media. Aspek kelayakan isi mencerminkan kesesuaian panduan praktikum terhadap tujuan praktikum, ketepatan konsep fisika, serta kejelasan prosedur dan aktivitas praktikum dalam mendukung pemahaman konsep listrik dan magnet. Penilaian terhadap panduan praktikum dilakukan oleh 2 validator pada aspek kelayakan isi dan desain praktikum, dan 2 validator pada aspek bahasa dan media. Hasil penilaian aspek kelayakan isi disajikan pada Tabel 2

Tabel 2. Hasil Validasi Kelayakan Isi

No	Aspek	Persentase (%) Hasil Validasi	Kategori
1	Perumusan tujuan dan relevansi	93,75	Sangat Valid
2	Prosedur praktikum	97,5	Sangat Valid
3	Ketepatan konsep dan fenomena fisika	100	Sangat Valid
Persentase (%)		96,4	
Kategori Validitas		Sangat Valid	

Hasil validasi terhadap aspek kelayakan isi menunjukkan bahwa panduan praktikum yang dikembangkan mencapai kriteria sangat valid. Proses validasi pada aspek ini bertujuan untuk memastikan kesesuaian antara materi yang disajikan dalam panduan praktikum dengan konsep-konsep fisika yang mendasarinya, serta keterkaitannya dengan tujuan praktikum yang telah ditetapkan (Lestari et al., 2025). Berdasarkan Tabel 2, aspek perumusan dan tujuan relevansi memperoleh nilai pada kategori sangat baik. Hasil ini mengindikasikan bahwa antara tujuan yang ditetapkan dengan kegiatan praktikum sudah relevan. Tujuan praktikum adalah landasan dalam perancangan dan pelaksanaan praktikum. Hal ini penting untuk memastikan bahwa mahasiswa setelah melaksanakan praktikum dapat memiliki kemampuan yang telah dirumuskan pada tujuan. Ini sejalan dengan (Nuai & Nurkamiden, 2022) yang menyatakan bahwa tujuan praktikum dirumuskan dilandaskan pada tujuan pendidikan, pembelajaran aktif, dan pengembangan keterampilan.

Aspek prosedur praktikum juga memperoleh nilai pada kategori sangat baik. Ini berarti prosedur pada panduan praktikum sudah memberikan petunjuk untuk mencapai tujuan praktikum dan pemahaman konsep. Kejelasan petunjuk praktikum penting untuk membantu mahasiswa melaksanakan kegiatan praktikum secara sistematis dan mendukung tercapainya tujuan praktikum sehingga pemahaman mahasiswa meningkat. Temuan ini sejalan dengan (Pohan et al., 2020) yang menyatakan bahwa kejelasan dan keterarahan panduan praktikum berperan penting dalam membantu mahasiswa mencapai tujuan praktikum serta memudahkan pemahaman konsep fisika.

Aspek ketepatan konsep dan fenomena fisika memperoleh penilaian pada kategori sangat valid. Pemerolehan ini menunjukkan bahwa panduan praktikum yang dirancang sudah sesuai dengan konsep ilmiah dan relevan dengan materi listrik magnet. Kesesuaian tersebut terlihat dari penyajian fenomena fisika yang mampu merepresentasikan prinsip-prinsip dasar listrik dan magnet secara tepat, sehingga kegiatan praktikum tidak hanya bersifat prosedural, tetapi juga mendukung pemahaman konsep mahasiswa. Hal ini sejalan pernyataan (Mercado, 2018) bahwa panduan praktikum yang valid secara konten atau materi mampu membantu meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa. Dengan demikian, validitas pada aspek ini menunjukkan bahwa panduan praktikum yang dikembangkan layak digunakan sebagai penuntun dalam praktikum listrik magnet untuk membantu mahasiswa memperoleh pemahaman konsep yang lebih mendalam dan bermakna.

Tabel 3. Hasil Validasi Desain Praktikum

No	Aspek	Persentase (%) Hasil Validasi	Kategori
1	Dukungan Keterampilan Pemecahan Masalah	100	Sangat Valid
2	Karakteristik inkuiri bertingkat	93,75	Sangat Valid
3	Integrasi laboratorium virtual	93,75	Sangat Valid

No	Aspek	Persentase (%) Hasil Validasi	Kategori
	Persentase (%)	96,25	
	Kategori Validitas	Sangat Valid	

Dari Tabel 3 diperoleh hasil penilaian aspek desain praktikum berada pada kriteria sangat valid. Hasil ini menunjukkan bahwa panduan praktikum yang dikembangkan telah memenuhi karakteristik yang diharapkan, yaitu adanya tingkatan inkuiri, memfasilitasi keterampilan pemecahan masalah, dan integrasi laboratorium virtual. Hasil validasi menunjukkan bahwa panduan praktikum telah mampu memberikan tingkat penyelidikan dengan tingkatan yang berbeda kemandiriannya, mulai dari *structured inquiry* hingga *open inquiry*. Perbedaan tersebut terlihat dari kemandirian mahasiswa, bentuk pertanyaan, serta jumlah *scaffolding* yang diberikan pada setiap kegiatan praktikum. Pada tingkat *structured inquiry*, mahasiswa masih memperoleh arahan yang lebih rinci, sedangkan pada tingkat *open inquiry* mahasiswa diberikan kebebasan yang lebih besar dalam merancang dan melaksanakan penyelidikan. Transisi bertahap ini penting karena mahasiswa yang belum terbiasa dengan pembelajaran inkuiri tidak dapat langsung dilepaskan ke tingkat terbuka tanpa *scaffolding* yang memadai (Baur, 2023). Dengan adanya panduan praktikum yang tersusun secara bertahap, mahasiswa dapat mengembangkan keterampilan investigasi ilmiah.

Tabel 3 menunjukkan integrasi laboratorium virtual memperoleh hasil validasi pada kategori sangat baik. Capaian ini mengonfirmasi bahwa pemilihan simulasi dari Phet Colorado untuk materi hukum Ohm dan rangkaian hambatan listrik serta JavaLab untuk materi medan magnet dinilai tepat dan relevan. Dalam panduan praktikum, kegiatan pra-lab dilakukan melalui eksplorasi virtual lab. Melalui kegiatan ini, mahasiswa dapat mengeksplorasi berbagai kemungkinan dengan memvariasikan besaran-besaran fisika dan mengamati pengaruhnya terhadap fenomena yang ditampilkan. Aktivitas tersebut tidak hanya memberikan gambaran konkret tentang bagaimana suatu rangkaian listrik dibangun, tetapi juga melatih kemampuan prediksi dan eksplorasi mandiri yang menjadi pondasi penting bagi keberhasilan pelaksanaan inkuiri di laboratorium nyata. Laboratorium virtual berfungsi sebagai *scaffolding* kognitif untuk membangun pengetahuan awal dan kesiapan mahasiswa sebelum praktikum. Halder & Banerjee (2025) mengonfirmasi bahwa laboratorium virtual pra-laboratorium secara efektif membangun pengetahuan awal dan rasa percaya diri sebelum praktikum nyata. Selain itu, integrasi penggunaan laboratorium virtual sebagai kegiatan pra-laboratorium lebih efektif dibandingkan penggunaannya secara terpisah (Wang et al., 2025). Laboratorium virtual juga mampu memberikan pengalaman belajar yang positif tanpa meningkatkan beban kognitif pengguna (Girmay et al., 2026). Dengan demikian, integrasi laboratorium virtual dalam panduan praktikum tidak hanya mendukung pemahaman konsep, tetapi kesiapan untuk melaksanakan praktikum secara lebih mandiri di laboratorium nyata.

Hasil validasi pada Tabel 3 juga menunjukkan bahwa panduan praktikum mampu memfasilitasi keterampilan pemecahan masalah dengan kategori sangat valid. Keterampilan pemecahan masalah yang dikembangkan adalah memahami masalah, merencanakan penyelesaian, melaksanakan rencana, dan memeriksa kembali. Pada awal panduan praktikum, disajikan cerita masalah kontekstual tentang fenomena fisika yang berhubungan dengan konsep listrik dan magnet, seperti pemilihan hambatan berdasarkan kode warna, rangkaian lampu dengan tingkat kecerahan berbeda, dan fenomena Oersted. Tahap perencanaan difasilitasi melalui tugas awal (pra-lab virtual), merumuskan hipotesis, dan penyusunan langkah percobaan. Pelaksanaan rencana difasilitasi ketika praktikum di laboratorium. Sedangkan memeriksa kembali difasilitasi melalui pertanyaan reflektif di akhir praktikum dan menghubungkan hasil yang diperoleh dengan masalah yang akan diselesaikan. Rangkaian kegiatan ini membantu mahasiswa melatih keterampilan pemecahan masalah secara bertahap. Temuan ini sejalan dengan penelitian Alanazi et al. (2024) dan Prahani et al. (2021) yang memperoleh kegiatan pembelajaran berbasis inkuiri meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, pemahaman konsep, dan motivasi belajar.

Tabel 4. Hasil Validasi Bahasa

No	Aspek	Persentase (%) Hasil Validasi	Kategori
1	Keterbacaan	100	Sangat Valid
2	Kejelasan instruksi dan pertanyaan	95,8	Sangat Valid
3	Konsistensi penggunaan istilah	100	Sangat Valid
	Persentase (%)	97,9	
	Kategori Validitas	Sangat Valid	

Aspek ketiga yang divalidasi adalah aspek bahasa. Berdasarkan data pada Tabel 4, panduan praktikum yang dikembangkan memperoleh kategori sangat valid. Semua aspek memperoleh kategori sangat valid. Aspek keterbacaan mengindikasikan panduan praktikum yang dikembangkan menggunakan bahasa yang komunikatif, mudah dipahami, dan struktur kalimatnya sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif mahasiswa. Aspek kejelasan instruksi dan pertanyaan pemandu mengindikasikan bahwa instruksi yang disampaikan sudah jelas dan pertanyaan pemandu disajikan dengan lugas sehingga tidak menimbulkan ambiguitas. Aspek konsistensi penggunaan istilah mengindikasikan bahwa penggunaan istilah, simbol, atau konsep konsep yang sama secara tetap dan tidak berubah-ubah di seluruh bagian panduan praktikum sehingga tidak menimbulkan kebingungan. Hasil ini menunjukkan bahwa panduan praktikum yang dikembangkan telah memiliki kualitas bahasa yang baik untuk mendukung mahasiswa dalam memahami prosedur praktikum dan melaksanakan kegiatan investigasi secara optimal. Hal ini sejalan dengan pendapat Lestari et al. (2025) bahwa panduan praktikum yang baik perlu memenuhi aspek kebahasaan yang meliputi kejelasan informasi, keterbacaan teks, serta penggunaan bahasa yang komunikatif dan efisien.

Tabel 5. Hasil Validasi Aspek Media

No	Aspek	Persentase (%) Hasil Validasi	Kategori
1	Tata letak dan proporsi	95,8	Sangat Valid
2	Tipografi dan kemudahan pengguna	100	Sangat Valid
3	Kualitas ilustrasi dan fungsionalitas link	95,8	Sangat Valid
Persentase (%)		95,8	
Kategori Validitas		Sangat Valid	

Aspek terakhir yang dinilai dalam validasi panduan praktikum adalah aspek media. Berdasarkan hasil penilaian validator pada Tabel 5, aspek media berada pada kategori sangat baik. Penilaian pada aspek ini meliputi tata letak dan proporsi, tipografi dan kemudahan pengguna, kualitas ilustrasi dan fungsional link. Pada aspek tata letak dan proporsi telah dipenuhi oleh panduan praktikum. Hal ini membantu mahasiswa dalam mengikuti alur praktikum. Kemudahan pengguna dan tipografi dinilai untuk menunjukkan panduan praktikum ini mudah untuk dibaca. Kualitas visual untuk membantu mahasiswa dalam membentuk fokus saat, karena penataan dan gambar sudah proporsional. Fungsionalitas link menunjukkan link yang mendukung untuk laboratorium virtual mudah diakses dan berfungsi dengan baik. Tampilan media yang baik dan menarik diharapkan mampu meningkatkan motivasi mahasiswa dalam mempersiapkan diri sebelum melaksanakan praktikum fisika (Lestari et al., 2025)

Pengukuran validitas menjadi tahap terakhir pada penelitian ini. Ini menjadi keterbatasan dari penelitian ini, karena belum sampai ada tahap implementasi untuk mengetahui efektivitasnya terhadap keterampilan pemecahan masalah atau hasil belajar. Selain itu, materi listrik magnet yang dikembangkan pada panduan praktikum ini masih terbatas. Berdasarkan hal tersebut, penelitian lanjutan yang dapat dilakukan adalah (1) uji coba terbatas untuk mengetahui tingkat kepraktisan dan efektivitas panduan praktikum, (2) pengujian pengaruh penggunaan panduan praktikum listrik magnet terhadap pemahaman konsep dan keterampilan pemecahan masalah.

SIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan panduan praktikum listrik magnet berbasis inkuiri bertingkat dengan bantuan laboratorium virtual yang dinyatakan sangat valid pada aspek kelayakan isi, desain praktikum, kebahasaan dan media. Panduan praktikum yang dikembangkan sudah mampu memfasilitasi tahapan inkuiri secara bertahap mulai dari *structured inquiry*, *guided inquiry*, hingga *open inquiry* sehingga mendukung keterampilan pemecahan masalah. Integrasi pra-lab dengan laboratorium virtual memberikan dukungan awal kepada mahasiswa dalam membangun pemahaman konsep, dan kesiapan investigasi sebelum melaksanakan praktikum nyata. Kontribusi penelitian ini terletak pada pengembangan desain praktikum terintegrasi yang memadukan inkuiri bertingkat dan laboratorium virtual sebagai *scaffolding* pra-lab dalam satu kerangka praktikum yang sistematis pada materi listrik magnet. Integrasi laboratorium virtual menunjukkan bahwa kesiapan konseptual dan kemampuan investigatif mahasiswa dapat difasilitasi secara bertahap melalui kombinasi eksplorasi virtual dan praktikum nyata. Secara praktis, panduan praktikum ini dapat digunakan oleh dosen sebagai alternatif panduan

untuk kegiatan praktikum mata kuliah fisika dasar atau listrik magnet untuk menciptakan pengalaman praktikum yang lebih terarah, mandiri, dan investigatif.

Daftar Pustaka

- Agustina, K., Sahidu, H., & Gunada, I. W. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbantuan Media PheT Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah dan Berpikir Kritis Fisika Peserta Didik SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 6(1), 17–24. <https://doi.org/10.29303/jpft.v6i1.1514>
- Alanazi, A. A., Osman, K., & Halim, L. (2024). Enhancing physics problem-solving skills through guided discovery and scaffolding strategies: Evidence from Saudi technical colleges. *LUMAT*, 12(4). <https://doi.org/10.31129/LUMAT.12.4.2329>
- Azisah, N., Budi Sutrisno, A., Shyam Sarjani Alam, A., Andi Matappa, S., & Author, C. (2024). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Model CIRC Dengan Talking Stick Siswa Kelas V. *PENTRYSC: JURNAL PENDIDIKAN GURU SD*, 3 (1), 55–64. <https://jurnal2.stkip-andi-matappa.ac.id/index.php/pentrysch>
- Baur, A. (2023). Which student problems in experimentation are related to one another? *International Journal of Science Education*, 45(10), 781–805. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2175334>
- Bunterm, T., Lee, K., Ng Lan Kong, J., Srikoon, S., Vangpoomyai, P., Rattanavongsa, J., & Rachahoon, G. (2014). Do Different Levels of Inquiry Lead to Different Learning Outcomes? A comparison between guided and structured inquiry. *International Journal of Science Education*, 36(12), 1937–1959. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.886347>
- de Jong, T., Lazonder, A. W., Chinn, C. A., Fischer, F., Gobert, J., Hmelo-Silver, C. E., Koedinger, K. R., Krajcik, J. S., Kyza, E. A., Linn, M. C., Pedaste, M., Scheiter, K., & Zacharia, Z. C. (2023). Let's talk evidence – The case for combining inquiry-based and direct instruction. In *Educational Research Review* (Vol. 39). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100536>
- Erika, Syahrial, A., & Hikmawati. (2024). The Impact of Physics Modules Based on Problem Based Learning on The Problem-Solving Abilities of Students in the Material of Optical Instruments. *AMPLITUDO: Journal of Science and Technology Innovation*, 3(1), 65–73. <https://doi.org/10.56566/amplitudo.v3i1.160>
- Fitriyah, F., Sumpono, I., & Subali, B. (2018). Desain alat praktikum pembiasan cahaya untuk membantu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 4(2), 169–180. <https://doi.org/10.21831/jipi.v4i2.20703>
- Fleg, S., Kuhn, J., & Scheiter, K. (2023). When the whole is greater than the sum of its parts: Combining real and virtual experiments in science education. *Computers and Education*, 197. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104745>
- Gao, S., Zhang, L., Shangguan, F., & Yang, J. (2024). The effect of OMO learning on high school students' problem-solving skills in physics. *Thinking Skills and Creativity*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101674>
- Girmay, S., Mendoza-Franco, G., Cardoso, L., Jääskeläinen, I. P., Kauppinen, T., Nygren, A., Scleruc, M., Sjöholm, T., & Karttunen, A. J. (2026). The Impact of Web-Based 360° Virtual Laboratory on Cognitive Load, Emotional Patterns and Visual Attention. *Journal of Computer Assisted Learning*, 42(2). <https://doi.org/10.1002/jcal.70224>
- Gunawan, Harjono, A., Sahidu, H., & Herayanti, L. (2017). Virtual Laboratory To Improve Students' Problem-Solving Skills On Electricity Concept. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(1), 41–48. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i1.8750>
- Halder, A., & Banerjee, S. (2025). *Bridging the Gap Between Virtual and Physical Laboratories: A Web-Based Interactive Platform for Undergraduate Physics Practicals*. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ae29d5>
- Ilyas, Liu, A. N. A. M., & Sara, K. (2022). Efektivitas Penggunaan Laboratorium Virtual Berbasis Keterampilan Proses Sains Terintegrasi Zoom Meeting untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Siswa Pada Masa

- Pandemi Covid-19. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(5), 2235–2240. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i5.2073>
- Lestari, Y., Alberida, H., Helendra, H., & Anhar, A. (2025). Development of ARCS-based biology e-module to enhance students' learning motivation and scientific argumentation skills. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 11(2), 611–624. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v11i2.40869>
- Mercado, J. C. (2018). Development of Laboratory Manual in Physics for Engineers. *International Journal of Science and Research*, 9. <https://doi.org/10.21275/SR201002120011>
- Musengimana, T., Yadav, L. L., Uwamahoro, J., & Nizeyimana, G. (2025). Assessing physics students' problem-solving skills: a baseline investigation. *Discover Education*, 4(1). <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00640-1>
- Nuai, A., & Nurkamiden, S. (2022). Urgensi Kegiatan Praktikum Dalam Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam di Sekolah Menengah Pertama. *Science Education Research (Search) Journal*, 48–63.
- Nurdini, N., Iqbal, N. H. M., Fratiwi, N. J., Irvani, A. I., & Amarulloh, R. R. (2025). Enhancing High School Students' Problem-Solving Skills in Rotational Dynamics through SPARK Model. *Kappa Journal*, 9(1), 164–171. <https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.30542>
- Nurjannah, E., Ayub, S., Doyan, A., & Sahidu, H. (2021). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model Inkuiri Terbimbing Berbantu Media PhET untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah dan Keterampilan Generik Sains Fisika Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 2(1). <https://doi.org/10.29303/goescienceedu.v2i1.127>
- Özyurt, Ö. (2015). Examining the critical thinking dispositions and the problem solving skills of computer engineering students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(2), 353–361. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1342a>
- Pohan, E. H. M., Fitriani, Rambe, A., & Ariaji, R. (2020). Minimizing Misconception and Improving Student's Conceptual Learning for Motion and Force Concepts by Student Worksheet (Lks)-Based of Cels (Combining Experiments by Laboratory Simulation). *Journal of Physics: Conference Series*, 1477(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1477/4/042060>
- Pols, C. F. J., Dekkers, P. J. J. M., & de Vries, M. J. (2022). 'Would you dare to jump?' Fostering a scientific approach to secondary physics inquiry. *International Journal of Science Education*, 44(9), 1481–1505. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2083251>
- Prahani, B. K., Susiawati, E., Deta, U. A., Lestari, N. A., Yantidewi, M., Jauhariyah, M. N. R., Mahdiannur, M. A., Candrawati, E., Misbah, Mahtari, S., Suyidno, & Siswanto, J. (2021). Profile of Students' Physics Problem-Solving Skills and the Implementation of Inquiry (Free, Guided, and Structured) Learning in Senior High School. *Journal of Physics: Conference Series*, 1747(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1747/1/012012>
- Sanggara, P. W., Doyan, A., & Verawati, N. N. S. P. (2018). The Effect of Process Oriented Guided Inquiry Learning Model Based On Virtual Laboratory Toward Problem Solving Abilities Of Physics Student. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 5(1), 61–65. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v5i1.154>
- Sari, R. E. A. I., Wulandari, A. Y. R., Hadi, W. P., Ahied, M., & Sutarja, M. C. (2022). Peningkatan Keterampilan Pemecahan Masalah Siswa Melalui Pembelajaran Collaborative Problem Solving Berbantuan Media Phet. *Jurnal Natural Science Educational Research*, 5.
- Stout, R. P. (2016). CO2 Investigations: An Open Inquiry Experiment for General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 93(4), 713–717. <https://doi.org/10.1021/ed5006932>
- Tyas, R. N., & Mundilarto. (2019). The Different Effect of PBL, Inquiry, and DI on the Problem-Solving Skill in Science. In *Journal of Science Education Research Journal* (Vol. 2019, Number 1). www.journal.uny.ac.id/jser

- Ubaidillah, M., & Wilujeng, I. (2019). Developing Physics SSP Based on the Problem Solving to Improve the Process Skills and Problem-Solving Ability. In *Journal of Science Education Research Journal* (Vol. 2019, Number 1). www.journal.uny.ac.id/jser
- Wang, X. M., Yu, X. H., Yu, D. dan, Hwang, G. J., & Lan, M. (2025). Does combining real and virtual experiments improve learning achievement in physics? Evidence from a meta-analysis (2001–2021). In *Educational Research Review* (Vol. 46). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100661>
- Widowati, A., Nurohman, S., & Anjarsari, P. (2017). Developing science learning material with authentic inquiry learning approach to improve problem solving and scientific attitude. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(1), 32–40. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i1.4851>
- Wijayanti, N., Wahyuningsih, D., & Rahardjo, D. T. (2020). Pengembangan E-Modul Praktikum Listrik Magnet pada LMS Moodle di Laman Spada UNS dengan Model Inkuiri Terbimbing untuk Mahasiswa Pendidikan Fisika. *Jurnal Materi Dan Pembelajaran Fisika*, 10(2), 110. <https://doi.org/10.20961/jmpf.v10i2.54347>
- Yuliani, H., Tiya Andani, & Luvia Ranggi Nastiti. (2025). Integration of PBL-Based E-Modules in Physics Education: Improving Problem-Solving Skills on Static Fluid Concept. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 13(3), 384–399. <https://doi.org/10.26618/0ddpg995>