

Analisis Keterampilan Riset Sains dan Pemahaman Konsep Mahasiswa Eksperimen Gelombang Mekanik Laboratorium Nyata dan Virtual Diferensiasi

Author:

Hifni Aulia Adifina¹
Ani Rusilowati²

Affiliation:

Universitas Negeri
Semarang^{1,2}

Corresponding email

hifniaa@students.unnes.ac.id

Histori Naskah:

Submit: 2026-04-11
Accepted: 2026-04-21
Published: 2026-04-28



*This is an Creative Commons License
This work is licensed under a Creative
Commons Attribution-NonCommercial
4.0 International License*

Abstrak:

Rendahnya kualitas pendidikan di Indonesia salah satunya disebabkan karena rendahnya kualitas sumber daya pengajar. Untuk meningkatkan kualitas sumber daya pengajar salah satunya dengan cara menerapkan keterampilan abad 21 melalui kegiatan riset dan mengembangkan pemahaman terhadap suatu konsep. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keterampilan riset sains dan pemahaman konsep mahasiswa pada eksperimen gelombang mekanik menggunakan laboratorium nyata dan laboratorium virtual berpendekatan diferensiasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini berupa metode eksperimen berbentuk eksperimen semu. Populasi penelitian ini adalah mahasiswa program studi Pendidikan Fisika Universitas Negeri Semarang. Sampel penelitian ini yaitu mahasiswa program studi Pendidikan Fisika Universitas Negeri Semarang angkatan 2023 kelas A sebagai kelas kontrol dan kelas B sebagai kelas eksperimen yang ditentukan berdasarkan teknik *purposive sampling*. Kelas kontrol melaksanakan kegiatan eksperimen berpendekatan diferensiasi di laboratorium nyata, sedangkan kelas eksperimen melaksanakan kegiatan eksperimen berpendekatan diferensiasi di laboratorium virtual. Instrumen yang digunakan berupa instrumen tes dan non-tes (observasi dan dokumen). Teknik analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah statistik deskriptif dan analisis statistik inferensial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterampilan riset sains mahasiswa kelas kontrol termasuk kriteria baik (78,3%), sedangkan mahasiswa kelas eksperimen termasuk kriteria sangat baik (83%). Hasil pemahaman konsep mahasiswa kelas kontrol dan kelas eksperimen termasuk kriteria baik dengan persentase masing-masing 75,6% dan 79,6%. Penelitian ini menyimpulkan bahwa ada perbedaan keterampilan riset sains yang signifikan antara mahasiswa yang melaksanakan eksperimen di laboratorium nyata dan laboratorium virtual, namun pada variabel pemahaman konsep tidak ada perbedaan yang signifikan antara mahasiswa yang melaksanakan eksperimen di laboratorium nyata dan laboratorium virtual.

Kata kunci: Keterampilan Riset Sains; Pemahaman Konsep; Laboratorium Nyata; Laboratorium Virtual; Diferensiasi

Pendahuluan

Pendidikan merupakan kebutuhan dasar setiap individu yang berperan penting dalam meningkatkan kualitas sumber daya manusia. Dalam perkembangannya, pendidikan bersifat dinamis dan senantiasa beradaptasi dengan tuntutan zaman. Namun, kualitas pendidikan di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, salah satunya adalah rendahnya kualitas sumber daya pengajar dalam merancang pembelajaran

(Fadia & Fitri, 2021). Selain itu, pengajar juga mengalami kesulitan dalam menyusun kegiatan eksperimen dan melakukan penilaian praktikum akibat kurangnya pembekalan kemampuan dalam merancang kegiatan laboratorium (Khoiri et al., 2019). Oleh karena itu, peningkatan kualitas calon tenaga pendidik menjadi sangat penting, khususnya dalam menguasai keterampilan abad ke-21 (Munawwarah et al., 2020).

Keterampilan abad ke-21 mencakup kemampuan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, komunikasi, pemecahan masalah, serta literasi digital (Lubis et al., 2023).

Kompetensi ini dikenal dengan konsep 4C (Critical thinking, Creativity, Communication, Collaboration) (Buitrago-Flórez et al., 2021) dan dapat dikembangkan melalui keterampilan riset. Pengembangan keterampilan riset merupakan tujuan utama pendidikan (Anggraeni et al., 2017) dan penting bagi mahasiswa untuk menghadapi permasalahan kehidupan (Subekti et al., 2018). Namun, penelitian menunjukkan bahwa keterampilan riset mahasiswa masih rendah, terutama dalam komunikasi ilmiah dan keterampilan proses sains yang berada di bawah 50% (Nurlaelah et al., 2020), serta kemampuan merumuskan masalah dan analisis data (Ikram et al., 2022). Hal ini menunjukkan perlunya inovasi pembelajaran yang mampu mengasah keterampilan tersebut.

Selain keterampilan riset, pemahaman konsep juga merupakan aspek fundamental dalam pembelajaran sains (Gusmania & Agustyaningrum, 2020). Pemahaman konsep yang rendah dapat menyebabkan miskonsepsi dan berdampak pada kualitas pembelajaran di masa depan (Adhani & Rupa, 2020; Hayati & Asmara, 2021). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kemampuan pemahaman konsep mahasiswa masih tergolong rendah, dengan rata-rata pencapaian di bawah 50% (Hoiriyah, 2019; Gusmania & Agustyaningrum, 2020). Oleh karena itu, diperlukan pembelajaran yang tidak hanya bersifat teoritis tetapi juga berbasis eksperimen untuk memperkuat pemahaman konsep.

Pembelajaran berbasis eksperimen dengan model inkuiri terbuka dinilai efektif karena memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk merumuskan masalah, merancang eksperimen, dan mengomunikasikan hasil seperti ilmuwan. Pendekatan ini juga dapat dipadukan dengan pembelajaran berdiferensiasi yang menyesuaikan kebutuhan, minat, dan profil belajar mahasiswa. Dalam implementasinya, eksperimen dapat dilakukan melalui laboratorium nyata maupun laboratorium virtual seperti PhET Simulations. Laboratorium virtual terbukti dapat meningkatkan penguasaan konsep (Astalini et al., 2019), namun penelitian lain menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan dengan laboratorium nyata (Astalini et al., 2019).

Sejumlah penelitian telah mencoba mengatasi persoalan tersebut melalui penggunaan laboratorium virtual, laboratorium nyata, pembelajaran inkuiri, maupun pembelajaran berdiferensiasi. Akan tetapi, hasil-hasil penelitian tersebut belum menunjukkan arah yang sepenuhnya konsisten. Beberapa studi melaporkan bahwa laboratorium virtual efektif meningkatkan penguasaan konsep karena menyediakan visualisasi interaktif, fleksibilitas akses, dan kesempatan eksplorasi yang lebih luas. Sebaliknya, studi lain menunjukkan bahwa laboratorium nyata tetap unggul pada pengalaman manipulatif, keterampilan prosedural, dan interaksi langsung dengan alat eksperimen. Bahkan, terdapat penelitian yang menemukan bahwa laboratorium virtual dan laboratorium nyata tidak menunjukkan perbedaan signifikan pada capaian konseptual tertentu. Artinya, literatur yang ada belum memberikan jawaban yang tegas mengenai kondisi apa, pada variabel apa, dan melalui mekanisme apa masing-masing jenis laboratorium lebih efektif.

Selain itu, penelitian terdahulu umumnya cenderung memusatkan perhatian hanya pada salah satu variabel hasil belajar. Sebagian besar studi menilai efektivitas laboratorium virtual atau nyata dari sisi pemahaman konsep saja, sementara studi lain lebih berfokus pada keterampilan praktikum atau keterampilan proses

sains. Padahal, dalam pembelajaran fisika, keterampilan riset sains dan pemahaman konsep merupakan dua capaian yang saling berkaitan. Pemahaman konsep yang baik mendukung kemampuan mahasiswa menjelaskan fenomena dan menafsirkan data, sedangkan keterampilan riset sains memungkinkan mahasiswa membangun pengetahuan melalui proses penyelidikan. Karena itu, menelaah kedua variabel tersebut secara terpisah berpotensi menghasilkan gambaran yang parsial.

Kesenjangan lain terletak pada konteks implementasi pembelajaran. Penelitian tentang laboratorium virtual dan nyata masih jarang ditempatkan dalam kerangka pembelajaran berdiferensiasi, padahal diferensiasi relevan untuk mengakomodasi keragaman kesiapan belajar, minat, dan profil belajar mahasiswa. Dalam praktiknya, efektivitas laboratorium virtual atau nyata sangat mungkin dipengaruhi oleh bagaimana pembelajaran dirancang sesuai kebutuhan peserta didik. Dengan kata lain, persoalan utama bukan hanya memilih jenis laboratorium, tetapi juga bagaimana pengalaman eksperimen itu diorganisasi agar mendukung eksplorasi, inquiry, dan konstruksi pemahaman secara optimal.

Secara lebih spesifik, pada topik gelombang mekanik, kebutuhan akan kajian ini menjadi semakin penting. Materi gelombang mekanik mengandung konsep-konsep abstrak, seperti frekuensi, panjang gelombang, cepat rambat, dan hubungan antarvariabel, yang sering kali sulit dipahami hanya melalui penjelasan verbal. Laboratorium virtual berpotensi membantu mahasiswa memvisualisasikan fenomena tersebut secara dinamis, sedangkan laboratorium nyata memberi pengalaman empiris yang autentik. Meskipun demikian, belum banyak penelitian yang secara simultan membandingkan pengaruh kedua jenis laboratorium tersebut terhadap keterampilan riset sains dan pemahaman konsep mahasiswa pada eksperimen gelombang mekanik, terlebih lagi dalam setting pembelajaran berdiferensiasi. Inilah celah penelitian yang belum terjawab secara memadai oleh studi-studi sebelumnya.

Berdasarkan sintesis tersebut, dapat ditegaskan bahwa penelitian ini tidak sekadar mengulang kajian tentang laboratorium virtual atau laboratorium nyata, tetapi berupaya mengisi tiga kekosongan sekaligus. Pertama, menguji dua capaian penting secara bersamaan, yaitu keterampilan riset sains dan pemahaman konsep. Kedua, menempatkan perbandingan laboratorium nyata dan virtual dalam konteks pembelajaran berdiferensiasi. Ketiga, memfokuskan kajian pada eksperimen gelombang mekanik yang secara konseptual menuntut visualisasi sekaligus pengalaman empiris. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi yang lebih teoretis maupun praktis dalam pengembangan pembelajaran fisika di pendidikan tinggi.

Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah: (1) menganalisis keterampilan riset sains dan pemahaman konsep mahasiswa pada eksperimen gelombang mekanik menggunakan laboratorium nyata; (2) menganalisis keterampilan riset sains dan pemahaman konsep mahasiswa pada eksperimen gelombang mekanik menggunakan laboratorium virtual; dan (3) menguji perbedaan keterampilan riset sains dan pemahaman konsep antara mahasiswa yang belajar melalui laboratorium nyata dan mahasiswa yang belajar melalui laboratorium virtual dalam pembelajaran berdiferensiasi.

Studi Literatur

Keterampilan riset sains dan pemahaman konsep merupakan dua capaian penting dalam pembelajaran fisika yang saling berhubungan. Keterampilan riset sains mencerminkan kemampuan mahasiswa dalam merumuskan masalah, menentukan variabel, merancang prosedur, mengumpulkan serta menganalisis data, hingga menyusun kesimpulan ilmiah. Sementara itu, pemahaman konsep menunjukkan sejauh mana mahasiswa mampu menafsirkan, menjelaskan, membandingkan, dan menarik inferensi dari suatu fenomena. Dalam perspektif konstruktivisme, pengetahuan tidak ditransfer secara pasif dari dosen kepada mahasiswa, tetapi dibangun aktif melalui pengalaman belajar, interaksi dengan lingkungan, serta refleksi

terhadap hasil pengamatan. Oleh karena itu, kegiatan eksperimen menjadi sarana penting untuk mengembangkan kedua kemampuan tersebut secara simultan.

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa keterampilan riset mahasiswa calon guru masih berada pada kategori sedang dan belum merata pada setiap indikator. Subekti et al. menemukan bahwa keterampilan riset mahasiswa calon guru IPA masih berada pada tingkat sedang, yang menunjukkan bahwa mahasiswa belum sepenuhnya terampil dalam menjalankan tahapan penelitian ilmiah. Temuan ini sejalan dengan Ikram et al. yang melaporkan bahwa mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam merumuskan masalah dan menganalisis data, serta dengan Nurlaelah et al. yang menunjukkan rendahnya komunikasi ilmiah mahasiswa. Jika dibandingkan, ketiga penelitian tersebut memperlihatkan pola yang konsisten, yaitu bahwa kelemahan mahasiswa bukan hanya pada aspek teknis praktikum, tetapi juga pada aspek berpikir ilmiah tingkat tinggi. Dengan demikian, masalah keterampilan riset sains tidak dapat dipahami sebagai persoalan tunggal, melainkan sebagai kelemahan yang mencakup perencanaan, pelaksanaan, dan pelaporan kegiatan ilmiah.

Pada aspek pemahaman konsep, beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa mahasiswa masih menghadapi kesulitan dalam memahami konsep secara mendalam. Hoiriyah menunjukkan bahwa kemampuan pemahaman konsep matematis mahasiswa masih rendah, sedangkan Gusmania dan Agustyaningrum menemukan bahwa sebagian mahasiswa belum mampu menunjukkan penguasaan konsep secara utuh. Temuan Arifin dan Aprisal memperkuat hasil tersebut, khususnya pada indikator membandingkan yang masih tergolong lemah. Jika ketiga studi tersebut dibandingkan, terlihat bahwa masalah pemahaman konsep tidak hanya terjadi pada satu bidang tertentu, tetapi merupakan kecenderungan umum pada pembelajaran yang menuntut penalaran. Artinya, tantangan utama bukan sekadar mengingat definisi atau rumus, tetapi memahami hubungan antar konsep serta menerapkannya dalam konteks yang berbeda.

Untuk mengatasi persoalan tersebut, berbagai studi telah mengembangkan pembelajaran berbasis eksperimen melalui laboratorium nyata maupun laboratorium virtual. Laboratorium nyata dinilai memiliki keunggulan dalam memberikan pengalaman langsung menggunakan alat, membangun keterampilan prosedural, dan menguatkan aspek psikomotorik mahasiswa. Penelitian Nurwahidah dan Sari, misalnya, menunjukkan bahwa kegiatan praktikum di laboratorium nyata mampu mengembangkan keterampilan mahasiswa dalam melaksanakan eksperimen dan berkolaborasi. Sebaliknya, laboratorium virtual menawarkan fleksibilitas, efisiensi, serta visualisasi yang membantu mahasiswa memahami fenomena abstrak. Theasy et al. menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual PhET dapat meningkatkan pemahaman konsep fisika mahasiswa. Dengan demikian, kedua jenis laboratorium memiliki kekuatan yang berbeda: laboratorium nyata lebih kuat pada pengalaman empiris dan prosedural, sedangkan laboratorium virtual lebih unggul pada aksesibilitas, visualisasi, dan eksplorasi berulang.

Namun, hubungan antara jenis laboratorium dan hasil belajar belum sepenuhnya konsisten dalam literatur. Beberapa penelitian menegaskan efektivitas laboratorium virtual terhadap penguasaan konsep, terutama karena mahasiswa dapat mengamati simulasi secara interaktif dan melakukan percobaan berulang tanpa terbatas alat atau waktu. Di sisi lain, laboratorium nyata tetap dipandang penting karena memberikan pengalaman autentik yang tidak sepenuhnya dapat digantikan simulasi. Perbedaan hasil ini menunjukkan bahwa efektivitas laboratorium tidak hanya ditentukan oleh medianya, tetapi juga oleh desain pembelajaran yang digunakan. Dengan kata lain, perdebatan dalam literatur bukan tentang mana yang mutlak lebih baik, melainkan dalam kondisi apa dan untuk capaian apa masing-masing laboratorium memberikan dampak yang lebih optimal.

Dalam konteks ini, pembelajaran berdiferensiasi menjadi relevan sebagai pendekatan yang dapat menjembatani keragaman kebutuhan belajar mahasiswa. Sukmawati et al. menunjukkan bahwa pembelajaran berdiferensiasi efektif meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa. Jika dibandingkan dengan studi laboratorium virtual dan nyata, hasil ini mengindikasikan bahwa keberhasilan pembelajaran tidak hanya bergantung pada media eksperimen, tetapi juga pada kemampuan pembelajaran menyesuaikan kesiapan, minat, dan profil belajar mahasiswa. Dengan demikian, pembelajaran berdiferensiasi dapat dipandang sebagai variabel pedagogis yang memperkuat efektivitas pengalaman eksperimen, baik dalam laboratorium nyata maupun virtual.

Secara teoretis, hubungan antarvariabel dalam penelitian ini dapat dijelaskan melalui teori konstruktivisme dan inquiry learning. Konstruktivisme menekankan bahwa mahasiswa membangun pemahaman melalui interaksi aktif dengan objek, fenomena, dan pengalaman belajar. Sementara itu, inquiry learning menekankan proses ilmiah seperti merumuskan pertanyaan, menyusun hipotesis, melakukan observasi, menganalisis data, dan menarik kesimpulan. Berdasarkan teori tersebut, laboratorium baik nyata maupun virtual berfungsi sebagai lingkungan belajar yang memungkinkan mahasiswa mengonstruksi konsep melalui aktivitas penyelidikan. Dalam konteks ini, laboratorium virtual diduga memberi keuntungan pada visualisasi, pengulangan eksperimen, dan fleksibilitas eksplorasi, sedangkan laboratorium nyata diduga lebih kuat dalam membangun pengalaman langsung dengan alat dan situasi eksperimen riil. Pembelajaran berdiferensiasi kemudian berperan sebagai strategi untuk memastikan bahwa proses inquiry dapat diakses oleh mahasiswa dengan karakteristik belajar yang beragam.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan landasan filosofi positivis untuk menguji hipotesis melalui analisis statistik. Pendekatan ini memungkinkan peneliti menemukan dan mengembangkan pengetahuan berbasis data numerik. Metode yang digunakan adalah eksperimen semu (quasi-experiment), yang bertujuan mengetahui hubungan sebab-akibat antara variabel bebas dan terikat, meskipun tidak semua variabel luar dapat dikontrol secara penuh.

Desain penelitian yang digunakan adalah non-equivalent control group design (Sugiyono, 2015). Sampel penelitian terdiri atas 35 mahasiswa pada kelas A sebagai kelas kontrol dan 30 mahasiswa pada kelas B sebagai kelas eksperimen. Kelas kontrol melaksanakan eksperimen di laboratorium nyata, sedangkan kelas eksperimen menggunakan laboratorium virtual PhET dengan pendekatan diferensiasi. Kedua kelas diberikan pre-test berupa tes diagnostik dan post-test berupa tes pemahaman konsep. Penelitian dilaksanakan pada Maret–Mei 2024 di Laboratorium Fisika Modern Gedung D9 Universitas Negeri Semarang. Populasi penelitian adalah mahasiswa Pendidikan Fisika, dengan sampel mahasiswa angkatan 2023 kelas A (kontrol) dan kelas B (eksperimen) yang dipilih menggunakan purposive sampling.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penggunaan laboratorium (nyata dan virtual), sedangkan variabel terikat meliputi keterampilan riset sains dan pemahaman konsep mahasiswa. Data yang digunakan berupa data kuantitatif dari tes diagnostik, tes pemahaman konsep, lembar observasi, dan laporan eksperimen, yang diperoleh langsung dari subjek penelitian (data primer). Teknik pengumpulan data meliputi tes (diagnostik dan pemahaman konsep) serta non-tes berupa observasi dan dokumentasi. Instrumen penelitian terdiri dari instrumen tes dan non-tes yang disusun peneliti.

Analisis data diawali dengan uji validitas isi menggunakan skala Likert (Riduwan, 2012) dan uji reliabilitas menggunakan rumus KR-20 (Arifin, 2022). Selain itu, dilakukan analisis tingkat kesukaran dan daya pembeda soal (Solichin, 2017). Data keterampilan riset sains dan pemahaman konsep dianalisis menggunakan rumus nilai akhir dan diklasifikasikan berdasarkan kriteria. Selanjutnya, analisis statistik

deskriptif digunakan untuk menggambarkan data, sedangkan analisis inferensial menggunakan uji *Independent Sample t-test* untuk mengetahui perbedaan antara kedua kelompok. Sebelum uji hipotesis, dilakukan uji normalitas dan homogenitas sebagai prasyarat (Ismail, 2022; Sianturi, 2022). Hasil uji hipotesis ditentukan berdasarkan nilai signifikansi, yaitu jika $p > 0,05$ maka tidak terdapat perbedaan, sedangkan jika $p < 0,05$ maka terdapat perbedaan signifikan antara kedua kelompok.

Hasil

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan keterampilan riset sains dan pemahaman konsep mahasiswa antara kelas kontrol dan kelas eksperimen pada eksperimen gelombang mekanik. Kelas kontrol melaksanakan eksperimen di laboratorium nyata, sedangkan kelas eksperimen menggunakan laboratorium virtual. Sebelum perlakuan, mahasiswa diberikan tes diagnostik kognitif sebagai dasar penerapan pembelajaran diferensiasi.

Keterampilan riset sains mahasiswa diukur melalui observasi dan dokumentasi yang mencakup aspek merancang, melaksanakan, dan melaporkan eksperimen. Hasil analisis keterampilan riset sains kelas kontrol disajikan pada Tabel 1, yang menunjukkan bahwa 28,6% mahasiswa berada pada kategori sangat baik dan 71,4% pada kategori baik, tanpa adanya kategori lain.

Tabel 1. Deskripsi Keterampilan Riset Sains Kelas Kontrol

Kriteria	Persentase (%)
Sangat Baik	28,6
Baik	71,4
Cukup	0
Kurang	0
Sangat Kurang	0

Analisis lebih lanjut berdasarkan indikator pada Tabel 2 menunjukkan rata-rata keterampilan riset sains sebesar 78,3 (kategori baik), dengan indikator tertinggi pada penyajian data hasil eksperimen (89,3%) dan terendah pada latar belakang eksperimen (53,6%).

Tabel 2 Deskripsi Keterampilan Riset Sains Kelas Kontrol Tiap Indikator

Aspek	Indikator	Persentase (%)	Kriteria
Merancang eksperimen	Merumuskan masalah	88,6	Sangat Baik
	Menentukan variabel eksperimen	80,7	Baik
	Mengemukakan latar belakang dilakukannya eksperimen	53,6	Cukup
	Menentukan prosedur pengumpulan data	80,7	Baik
Melaksanakan eksperimen	Menyiapkan pelaksanaan eksperimen	85,7	Sangat Baik
	Melaksanakan kegiatan eksperimen	87,1	Sangat Baik
Melaporkan hasil eksperimen	Menyajikan data hasil eksperimen	89,3	Sangat Baik
	Melakukan analisis data hasil eksperimen	70,7	Baik
	Membuat kesimpulan	68,6	Baik

Rata-rata

78,3

Baik

Sementara itu, hasil keterampilan riset sains kelas eksperimen pada Tabel 3 menunjukkan 60% mahasiswa berada pada kategori sangat baik dan 40% pada kategori baik.

Tabel 3 Deskripsi Keterampilan Riset Sains Kelas Eksperimen

Kriteria	Persentase (%)
Sangat Baik	60
Baik	40
Cukup	0
Kurang	0
Sangat Kurang	0

Berdasarkan indikator (Tabel 4), rata-rata keterampilan riset sains kelas eksperimen mencapai 83 (kategori sangat baik), dengan indikator tertinggi pada persiapan eksperimen (96,7%).

Tabel 4. Deskripsi Keterampilan Riset Sains Kelas Eksperimen Tiap Indikator

Aspek	Indikator	Persentase (%)	Kriteria
Merancang eksperimen	Merumuskan masalah	92,5	Sangat Baik
	Menentukan variabel eksperimen	63,3	Baik
	Mengemukakan latar belakang dilakukannya eksperimen	81,7	Sangat Baik
	Menentukan prosedur pengumpulan data	74,2	Baik
Melaksanakan eksperimen	Menyiapkan pelaksanaan eksperimen	96,7	Sangat Baik
	Melaksanakan kegiatan eksperimen	93,3	Sangat Baik
Melaporkan hasil eksperimen	Menyajikan data hasil eksperimen	82,5	Sangat Baik
	Melakukan analisis data hasil eksperimen	89,2	Sangat Baik
	Membuat kesimpulan	73,3	Baik
Rata-rata		83	Sangat Baik

Hasil uji normalitas (Tabel 4.5) menunjukkan data berdistribusi normal ($\text{sig} > 0,05$), dan uji homogenitas menunjukkan data homogen ($\text{sig} = 0,341$). Uji Independent Sample t-test pada Tabel 4.6 menunjukkan nilai signifikansi 0,003 ($< 0,05$), yang berarti terdapat perbedaan signifikan keterampilan riset sains antara kedua kelas.

Tabel 5. Hasil Uji Normalitas Data Keterampilan Riset Sains

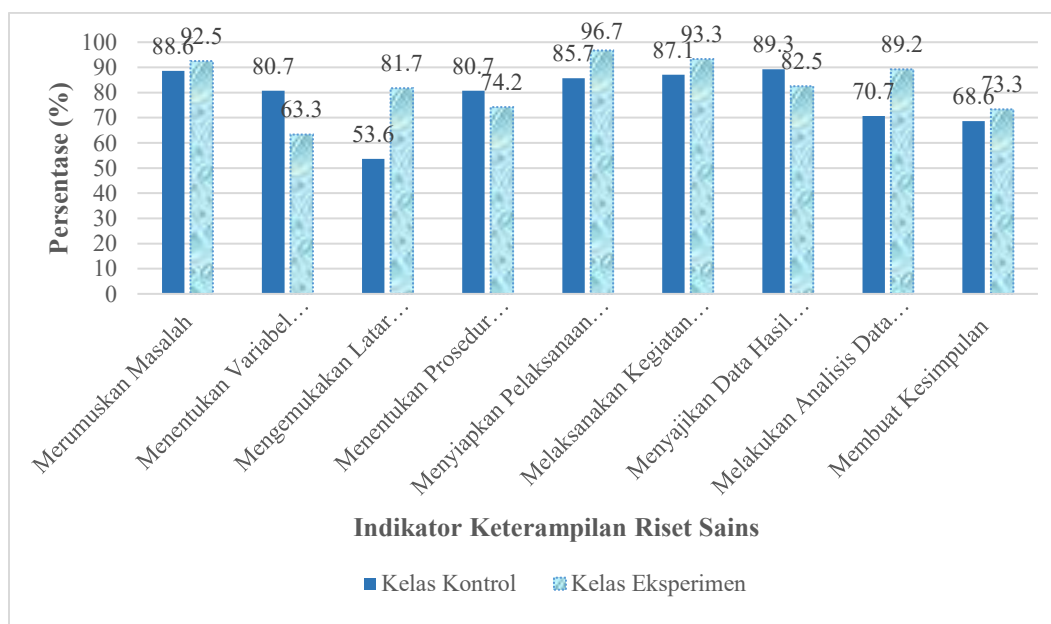
Kelas	Nilai sig. <i>Saphiro Wilk</i>
Kontrol	0,142

Ekspirimen 0,285

Tabel 6. Hasil Uji Independent Sample t-test Keterampilan Riset Sains

Kelas	sig.(2-tailed)	Kriteria
Kontrol	0,003	Ada perbedaan signifikan
Ekspirimen		

Perbandingan tiap indikator ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Analisis Keterampilan Riset Sains Kelas Kontrol dan Ekspirimen Tiap Indikator

Pada variabel pemahaman konsep, hasil kelas kontrol pada Tabel 4.7 menunjukkan mayoritas berada pada kategori baik (57,1%) dengan rata-rata indikator 75,6 (Tabel 4.8).

Tabel 7. Deskripsi Pemahaman Konsep Kelas Kontrol

Kriteria	Persentase (%)
Sangat Baik	25,7
Baik	57,1
Cukup	17,2
Kurang	0
Sangat Kurang	0

Tabel 8. Deskripsi Pemahaman Konsep Kelas Kontrol Tiap Indikator

Indikator	Persentase (%)	Kriteria
Menafsirkan (<i>interpreting</i>)	80,0	Baik

Meringkas (<i>summarizing</i>)	79,0	Baik
Menarik inferensi (<i>inferring</i>)	62,9	Baik
Membandingkan (<i>comparing</i>)	64,8	Baik
Menjelaskan (<i>explaining</i>)	91,4	Sangat Baik
Rata-rata	75,6	Baik

Sementara itu, kelas eksperimen pada Tabel 9 menunjukkan distribusi 40% sangat baik dan 46,7% baik, dengan rata-rata indikator 79,6 (Tabel 10).

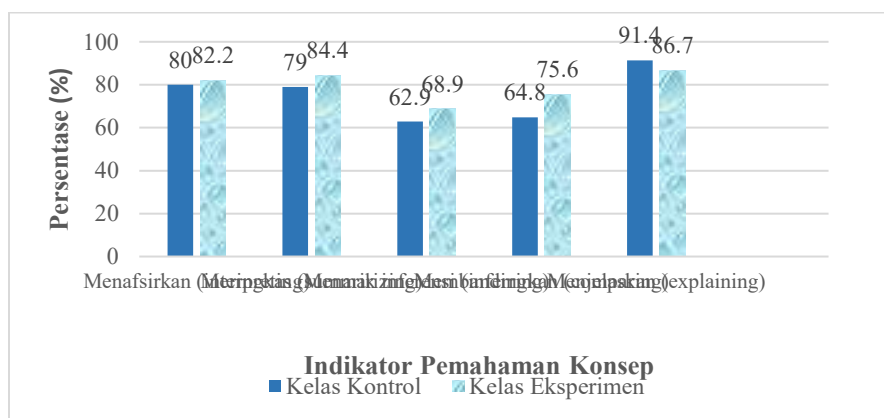
Tabel 9 Deskripsi Pemahaman Konsep Kelas Eksperimen

Kriteria	Persentase (%)
Sangat Baik	40
Baik	46,7
Cukup	13,3
Kurang	0
Sangat Kurang	0

Tabel 10. Deskripsi Pemahaman Konsep Kelas Eksperimen Tiap Indikator

Indikator Pemahaman Konsep	Persentase (%)	Kriteria
Menafsirkan (<i>interpreting</i>)	82,2	Sangat Baik
Meringkas (<i>summarizing</i>)	84,4	Sangat Baik
Menarik inferensi (<i>inferring</i>)	68,9	Baik
Membandingkan (<i>comparing</i>)	75,6	Baik
Menjelaskan (<i>explaining</i>)	86,7	Sangat Baik
Rata-rata	79,6	Baik

Perbandingan indikator ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Analisis Pemahaman Konsep Kelas Kontrol dan Eksperimen

Hasil uji normalitas (Tabel 11) dan homogenitas menunjukkan data memenuhi prasyarat uji parametrik. Uji t pada Tabel 4.12 menghasilkan signifikansi 0,224 ($>0,05$), sehingga tidak terdapat perbedaan signifikan pemahaman konsep antara kedua kelas.

Tabel 11 Hasil Uji Normalitas Data Pemahaman Konsep

Kelas	Nilai sig. <i>Saphiro Wilk</i>
Kontrol	0,096
Eksperimen	0,129

Tabel 12 Hasil Uji Independent Sample t-test Pemahaman Konsep

Kelas	sig.(2-tailed)	Kriteria
Kontrol	0,224	Tidak ada perbedaan signifikan
Eksperimen		

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterampilan riset sains mahasiswa pada kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol. Temuan ini didukung oleh rata-rata keterampilan riset sains kelas eksperimen yang mencapai 83 dengan kategori sangat baik, sedangkan kelas kontrol memperoleh rata-rata 78,3 dengan kategori baik. Perbedaan tersebut juga diperkuat oleh hasil uji *Independent Sample t-test* yang menunjukkan nilai signifikansi 0,003 ($< 0,05$), sehingga dapat dinyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelas. Dengan demikian, penggunaan laboratorium virtual dalam penelitian ini terbukti berkaitan dengan capaian keterampilan riset sains yang lebih tinggi dibandingkan laboratorium nyata.

Jika ditinjau berdasarkan indikator, kelas eksperimen menunjukkan capaian lebih tinggi pada sebagian besar aspek keterampilan riset sains, terutama pada merumuskan masalah, mengemukakan latar belakang eksperimen, menyiapkan pelaksanaan eksperimen, melaksanakan kegiatan eksperimen, dan menganalisis data hasil eksperimen. Pola ini menunjukkan bahwa pembelajaran melalui laboratorium virtual memberikan dukungan yang kuat pada tahapan eksplorasi, pelaksanaan, dan analisis dalam kegiatan eksperimen. Dalam konteks ini, laboratorium virtual tidak hanya berfungsi sebagai media simulasi, tetapi juga sebagai lingkungan belajar yang memberi kesempatan kepada mahasiswa untuk mengikuti alur eksperimen secara sistematis dan berulang. Temuan ini selaras dengan pandangan konstruktivisme dan *inquiry learning* yang menekankan bahwa pemahaman dan keterampilan ilmiah berkembang melalui keterlibatan aktif mahasiswa dalam proses penyelidikan.

Meskipun demikian, kelas kontrol menunjukkan capaian yang lebih baik pada indikator tertentu, yaitu menentukan variabel eksperimen, menentukan prosedur pengumpulan data, dan menyajikan data hasil eksperimen. Data ini menunjukkan bahwa laboratorium nyata tetap memiliki kekuatan pada aspek yang berkaitan dengan pengalaman langsung dalam pelaksanaan prosedur eksperimen dan penyajian hasil pengamatan empiris. Oleh karena itu, hasil penelitian ini tidak menunjukkan bahwa salah satu jenis laboratorium sepenuhnya lebih unggul dalam semua aspek, melainkan bahwa masing-masing memiliki kelebihan yang berbeda. Laboratorium virtual tampak lebih mendukung pengembangan keterampilan riset sains secara umum, sedangkan laboratorium nyata tetap relevan terutama pada aspek prosedural dan pengalaman empiris langsung.

Pada variabel pemahaman konsep, hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara kelas kontrol dan kelas eksperimen. Hal ini terlihat dari hasil uji *Independent Sample t-test* dengan nilai signifikansi 0,224 ($> 0,05$). Secara deskriptif, rata-rata pemahaman konsep kelas eksperimen memang sedikit lebih tinggi, yaitu 79,6 dibandingkan 75,6 pada kelas kontrol, tetapi selisih tersebut tidak cukup besar untuk menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik. Temuan ini mengindikasikan bahwa baik laboratorium virtual maupun laboratorium nyata sama-sama mampu mendukung pemahaman konsep mahasiswa pada materi gelombang mekanik.

Kesetaraan capaian tersebut juga tampak pada distribusi indikator pemahaman konsep. Pada kedua kelas, indikator menjelaskan dan menafsirkan memperoleh capaian relatif tinggi, sedangkan indikator menarik inferensi merupakan aspek dengan nilai terendah. Pola ini menunjukkan bahwa mahasiswa relatif telah mampu memahami dan menjelaskan konsep, tetapi masih mengalami kesulitan ketika harus mengolah informasi untuk menarik simpulan atau inferensi yang lebih mendalam. Dengan demikian, persoalan utama pada pemahaman konsep bukan terletak pada penguasaan konsep dasar semata, melainkan pada kemampuan berpikir tingkat tinggi yang menuntut penalaran lebih kompleks.

Tidak ditemukannya perbedaan signifikan pada pemahaman konsep juga menunjukkan bahwa jenis laboratorium bukan satu-satunya faktor yang menentukan capaian konseptual mahasiswa. Dalam penelitian ini, kedua kelas sama-sama memperoleh pembelajaran dengan pendekatan diferensiasi, sehingga mahasiswa pada kedua kelompok tetap mendapatkan kesempatan belajar yang disesuaikan dengan kebutuhan belajarnya. Kondisi ini dapat menjelaskan mengapa kedua kelompok menunjukkan hasil pemahaman konsep yang relatif sebanding. Dengan kata lain, pendekatan pedagogis yang digunakan dalam pembelajaran berperan penting dalam menopang ketercapaian konsep, terlepas dari perbedaan media laboratorium yang digunakan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa laboratorium virtual lebih efektif untuk meningkatkan keterampilan riset sains, tetapi tidak menunjukkan keunggulan signifikan terhadap pemahaman konsep dibandingkan laboratorium nyata. Temuan ini memberikan implikasi bahwa pembelajaran fisika tidak perlu mempertentangkan laboratorium virtual dan laboratorium nyata secara dikotomis. Sebaliknya, keduanya dapat diposisikan sebagai sumber belajar yang saling melengkapi: laboratorium virtual mendukung eksplorasi, pengulangan, dan analisis eksperimen, sedangkan laboratorium nyata memperkuat pengalaman empiris dan keterampilan prosedural. Oleh karena itu, integrasi keduanya dalam pembelajaran fisika berpotensi menjadi strategi yang lebih komprehensif untuk mengembangkan keterampilan riset sains sekaligus memperkuat pemahaman konsep mahasiswa.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa laboratorium virtual lebih efektif daripada laboratorium nyata dalam meningkatkan keterampilan riset sains mahasiswa, tetapi tidak memberikan perbedaan yang signifikan pada pemahaman konsep. Temuan ini menegaskan bahwa efektivitas laboratorium bergantung pada capaian pembelajaran yang dituju. Laboratorium virtual lebih mendukung pengembangan keterampilan riset, sedangkan untuk pemahaman konsep, kedua jenis laboratorium sama-sama memadai.

Kontribusi penelitian ini terletak pada bukti empiris bahwa laboratorium nyata dan virtual tidak perlu dipertentangkan, melainkan dapat diposisikan sebagai media yang saling melengkapi dalam pembelajaran fisika. Secara praktis, dosen disarankan memanfaatkan laboratorium virtual untuk mendukung eksplorasi dan analisis, serta laboratorium nyata untuk memperkuat pengalaman empiris dan keterampilan prosedural.

Penelitian ini masih terbatas pada sampel dan materi tertentu. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu melibatkan cakupan yang lebih luas serta menguji integrasi laboratorium virtual dan nyata pada topik fisika lainnya.

Referensi

- Adhani, A., & Rupa, D. (2020). Analisis pemahaman konsep mahasiswa pendidikan biologi pada mata kuliah fisiologi tumbuhan. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 11(1), 18–26. <https://doi.org/10.30651/jppb.v10i1.14439>
- Anggraeni, N., Adisendjaja, Y. H., & Amprasto, A. (2017). Profile of high school students' understanding of scientific inquiry. *Journal of Physics: Conference Series*, 895(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012138>
- Arifin, S., & Aprisal, A. (2020). Analisis tingkat pemahaman konsep statistika mahasiswa calon guru menggunakan two tier test berbasis online. *Delta: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 8(2), 201–208. <https://doi.org/10.31941/delta.v8i2.1059>
- Arifin, Z. (2022). Hasil belajar siswa di masa pandemi. *Journal of Research in Science and Mathematics Education*, 1, 27–32. <https://doi.org/10.56855/jrsme.v1i1.12>
- Astalini, A., Darmaji, D., Riantoni, C., & Susanti, N. (2019). Studi penggunaan PhET interactive simulations dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 6(2), 71–75. <https://doi.org/10.12928/jrkpf.v6i2.14202>
- Buitrago-Flórez, F., Danies, G., Restrepo, S., & Hernández, C. (2021). Fostering 21st century competences through computational thinking and active learning: A mixed method study. *International Journal of Instruction*, 14(3), 737–754. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14343a>
- Fadia, S., & Fitri, N. (2021). Problematika kualitas pendidikan di Indonesia. *Jurnal Pendidikan*, 5(1), 1617–1620. <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/1148>
- Gusmania, Y., & Agustyaningrum, N. (2020). Analisis pemahaman konsep matematis mahasiswa pada mata kuliah trigonometri. *Jurnal Gantang*, 5(2), 123–132. <https://doi.org/10.31629/jg.v5i2.2493>
- Hayati, R., & Asmara, D. N. (2021). Analisis pemahaman konsep matematis mahasiswa PGSD. *Jurnal Basicedu*, 5(5), 3027–3033. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i5.976>
- Hoiriyah, D. (2019). Analisis kemampuan pemahaman konsep matematis mahasiswa. *Logaritma*, 7(1), 123–136. <https://doi.org/10.24952/logaritma.v8i02.2773>
- Ikram, M. I., Ma'rufi, M., & Ilyas, M. (2022). Analisis Kesulitan dan Respon Dosen terhadap Keterampilan Meneliti Riset bagi Mahasiswa: Studi Pendahuluan untuk Merancang Hipotesis Lintasan Belajar Mahasiswa. *Proximal Jurnal Penelitian Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 5(2), 198–214. <https://doi.org/10.30605/proximal.v5i2.1891>
- Ismail, S. (2022). Pengaruh model project based learning terhadap hasil belajar fisika. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(5). <https://doi.org/10.5281/zenodo.6466594>
- Khoiri, N., Rusilowati, A., & Sulhadi. (2019). Pengembangan perkuliahan fisika berorientasi keterampilan laboratorium. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 10(2), 114–118. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v10i2.4436>

- Lubis, M. U., et al. (2023). Pengembangan kurikulum merdeka. *Education and Learning Journal*, 1, 106–113. <https://jurnal.fai.umi.ac.id/index.php/eljour/>
- Mirici, İ. H., & Ataberk, B. (2022). 21st century skills in ELT programs. *IOJET*, 1513–1544.
- Munawwarah, M., et al. (2020). Keterampilan berpikir kritis mahasiswa. *Alifmatika*, 2(1), 37–58. <https://doi.org/10.35316/alifmatika.2020.v2i1.37-58>
- Nurlaelah, I., et al. (2020). Analisis komunikasi ilmiah. *Quangga*, 12(2), 194–201. <https://doi.org/10.25134/quagga.v12i2.2899>
- Nurwahidah, I., & Sari, D. S. (2022). Keterampilan mahasiswa dalam praktikum. *Eduteach*, 3(2), 1–10. <https://ejurnal.umri.ac.id/index.php/eduteach/article/download/3795/1896/10793>
- Sianturi, R. (2022). Uji homogenitas. *Jurnal Pendidikan Sains Sosial dan Agama*, 8(1), 386–397. <https://doi.org/10.53565/pssa.v8i1.507>
- Solichin, M. (2017). Analisis Daya Beda Soal, Taraf Kesukaran, Validitas Butir Tes, Interpretasi Hasil Tes dan Validitas Ramalan dalam Evaluasi Pendidikan. *SHILAP Revista De Lepidopterologia*. <https://doaj.org/article/9c110cb703604f1d8fc084677a038cb8>
- Subekti, H., et al. (2018). Analisis Keterampilan Riset Mahasiswa Calon Guru IPA di Universitas Negeri Surabaya: Studi Eksplorasi. *Prosiding Seminar Nasional IPA*, 164–175. https://www.researchgate.net/publication/326539197_Analisis_Keterampilan_Riset_Mahasiswa_Calon_Guru_IPA_di_Universitas_Negeri_Surabaya_Studi_Eksplorasi
- Sukmawati, I., Prajoko, S., & Alamsyah, M. R. N. (2023). Pemahaman Konsep Mahasiswa pada Pembelajaran Biologi Berdiferensiasi yang Menerapkan E-PjBL Berbantuan Media H5P. *Bioed Jurnal Pendidikan Biologi*, 11(2), 161. <https://doi.org/10.25157/jpb.v11i2.12235>
- Theasy, Y., Bustan, A., & Nawir, M. (2021). Penggunaan Media Laboratorium Virtual PhET Simulation untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Mahasiswa pada Mata Kuliah Eksperimen Fisika Sekolah. *Variabel*, 4(2), 39. <https://doi.org/10.26737/var.v4i2.2607>