

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi yang pesat di berbagai sektor menjadi ciri era Revolusi Industri 4.0 termasuk di Indonesia. Pemanfaatan inovasi ini telah merambah hampir ke seluruh sendi kehidupan masyarakat. Menurut Islahudin, Khaerani, & Zulkarnain, (2018) lahirnya modernisasi tersebut merupakan buah dari proses panjang dan penelitian mendalam terhadap ilmu pengetahuan, yang mencakup ranah sains, ekonomi, serta sosial. Dampak signifikan dari kemajuan teknologi ini sangat terasa pada sektor pendidikan, khususnya pada evolusi media pembelajaran yang kini semakin terintegrasi dengan perangkat digital dan jaringan internet.

Secara esensial, media pembelajaran mencakup seluruh sarana maupun instrumen pendukung dalam kegiatan belajar mengajar yang dirancang khusus guna memfasilitasi peserta didik agar lebih mudah menangkap substansi materi. Media pembelajaran dapat berupa benda mati, seperti buku, gambar atau model maupun benda hidup, seperti manusia atau hewan. Media pembelajaran juga dapat berupa teknologi, seperti audio visual atau perangkat lunak komputer (Auwliyya, 2023; Bana, Bahtiar, & Nuryasana, 2023; Diahratri, 2022; Indah & Safaruddin, 2022; Wulandari, Salsabila, Cahyani, Nurazizah, & Ulfiah, 2023). Menurut Hamid dkk., (2020) instrumen penyajian materi yang diimplementasikan untuk menstimulasi keterlibatan peserta didik selama kegiatan belajar mengajar disebut sebagai media pembelajaran. Keberadaan sarana ini memiliki peran esensial sebagai penunjang kesuksesan target edukasi. Lebih lanjut, Aulia, Zetriuslita, Amelia, & Qudsi (2021) menegaskan bahwa media pembelajaran tidak hanya berfungsi untuk memvisualisasikan konsep atau fakta akademis, tetapi juga terbukti efektif dalam menumbuhkan ketertarikan serta mengoptimalkan daya serap peserta didik secara komprehensif.

Secara umum, media pembelajaran digunakan untuk mendukung proses pemaparan materi oleh pendidik (guru) saat pembelajaran berlangsung agar informasi yang diberikan mampu diterima dan dipahami oleh peserta didik secara

lebih efektif. Selain itu, penggunaan media pembelajaran juga bertujuan untuk meningkatkan daya tarik serta menciptakan pengalaman belajar yang lebih menyenangkan bagi peserta didik (Milawati, 2021). Penggunaan media pembelajaran yang relevan secara signifikan mengoptimalkan efektivitas pembelajaran. Hal ini mencakup optimalisasi penyampaian materi, peningkatan motivasi dan partisipasi aktif peserta didik, serta pembentukan kondisi psikologis yang kondusif guna merealisasikan tujuan pembelajaran (Setyarini, Mudiono, & Utama, 2022; Wulandari dkk., 2023). Efektivitas proses pembelajaran tidak terlepas dari ketepatan pendidik dalam menentukan metode dan media pembelajaran yang sesuai. Pemilihan media pembelajaran yang sesuai dapat memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar peserta didik (Hasan, 2021). Oleh sebab itu, penggunaan media pembelajaran hendaknya mempertimbangkan tujuan pembelajaran, karakteristik peserta didik, dan materi yang diajarkan agar proses pembelajaran dapat berlangsung secara efektif. Seiring dengan perkembangan teknologi, media pembelajaran juga mengalami inovasi, salah satunya melalui multimedia pembelajaran yang memadukan berbagai unsur, seperti teks, grafis, gambar, foto, audio, video, dan animasi secara terintegrasi (Rahayuningtyas & Jannah, 2020; Saputri, Rukayah, & Indriayu, 2018). Seiring dengan perkembangan teknologi, multimedia terus mengalami inovasi dan melahirkan berbagai media pembelajaran yang lebih interaktif. Salah satu bentuk pengembangan tersebut adalah laboratorium maya atau yang lebih dikenal sebagai laboratorium virtual, yang memungkinkan kegiatan praktikum dilakukan melalui lingkungan digital (Fatayah, 2023).

Laboratorium virtual merupakan seperangkat fasilitas laboratorium yang dikemas dalam bentuk perangkat lunak komputer berbasis multimedia interaktif. Melalui perangkat tersebut, pengguna dapat melakukan simulasi kegiatan praktikum yang menyerupai kondisi laboratorium nyata sehingga memberikan pengalaman seolah-olah berada langsung di dalam laboratorium (Bahtiar & Azmar, 2022). Laboratorium virtual merupakan lingkungan pembelajaran interaktif yang memungkinkan peserta didik untuk mengamati serta melakukan manipulasi terhadap objek, data, maupun fenomena yang disimulasikan guna

mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan (Fatayah, 2023). Laboratorium virtual memungkinkan pemanfaatan animasi komputer sebagai media pembelajaran yang berfokus pada penyajian representasi mikroskopis. Melalui media ini, peserta didik dapat melakukan percobaan secara berulang tanpa terbatas oleh kondisi laboratorium nyata, sekaligus memvisualisasikan berbagai proses atau fenomena abstrak yang sulit diamati maupun dibayangkan melalui praktikum konvensional (Gunawan, dkk., 2018). Laboratorium virtual tidak hanya berperan sebagai media yang mendukung proses refleksi pembelajaran secara lebih efektif, tetapi juga membantu meminimalkan terjadinya miskonsepsi terhadap materi yang dipelajari (Deliany, Asep Hidayat, & Yeti Nurhayati, 2019). Di samping itu, penggunaan laboratorium virtual berperan dalam memperdalam pemahaman peserta didik terhadap konsep-konsep yang dipelajari melalui pengalaman belajar yang interaktif, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih bermakna. Kehadirannya juga menjadi alternatif yang efektif untuk mengatasi keterbatasan sarana maupun kendala operasional laboratorium nyata, sehingga kegiatan praktikum tetap dapat dilaksanakan secara optimal (Laila, 2020).

Laboratorium virtual memiliki keunggulan dalam menunjang kegiatan pembelajaran, terutama dalam membantu peserta didik memahami konsep-konsep abstrak yang sulit dipahami apabila disampaikan hanya melalui penjelasan verbal, serta memberikan visualisasi fenomena pada tingkat makroskopis, submikroskopis, dan simbolik terutama pada konsep abstrak yang sulit diterangkan secara lisan. Selain itu, laboratorium virtual memungkinkan pelaksanaan praktikum yang sulit dilakukan di laboratorium nyata akibat faktor keselamatan maupun keterbatasan alat dan bahan. Penggunaannya juga lebih efisien karena dapat mengurangi waktu pelaksanaan eksperimen, dilakukan secara fleksibel tanpa terikat ruang dan waktu, serta lebih hemat biaya karena tidak memerlukan fasilitas laboratorium fisik beserta perlengkapannya. Di samping itu, kualitas kegiatan eksperimen dapat ditingkatkan karena peserta didik dapat melakukan percobaan secara berulang untuk memperoleh hasil pengukuran yang lebih akurat serta meminimalkan keraguan terhadap data yang diperoleh (Hanum, 2023; Suprijono, 2020; Theasy, Bustan, & Nawir, 2021). Dengan berbagai kelebihan tersebut,

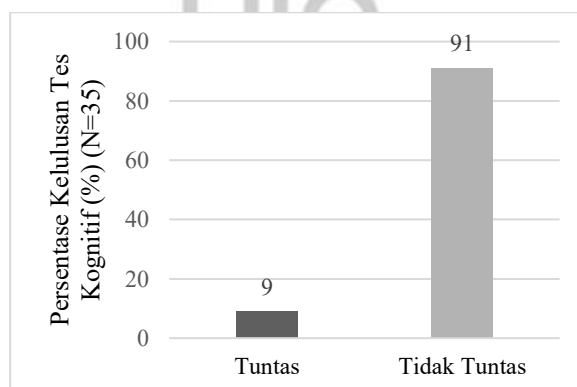
laboratorium virtual dapat menjadi alternatif yang efektif untuk menggantikan atau melengkapi kegiatan praktikum nyata, terutama pada kondisi ketika sarana dan prasarana laboratorium di sekolah belum memadai.

Studi pendahuluan dilaksanakan di SMA Negeri 1 Banjar dengan menggunakan tiga teknik pengumpulan data, yakni wawancara terhadap guru mata pelajaran fisika, penyebaran angket, dan pelaksanaan tes awal. Ketiga teknik tersebut bertujuan untuk memperoleh deskripsi mengenai kemampuan dari peserta didik dalam memahami materi gerak melingkar yang telah diajarkan pada kelas X. Hasil angket studi pendahuluan yang melibatkan 35 peserta didik memperlihatkan gambaran bahwa sejumlah besar responden, yakni sebanyak 26 peserta didik (74,29%), belum mengenal konsep laboratorium virtual. Peserta didik juga menyatakan bahwa belum pernah melakukan praktikum baik di laboratorium riil maupun laboratorium virtual. Peserta didik juga menyatakan adanya kesulitan dan kendala untuk memahami pembelajaran fisika karena penggunaan media pembelajaran yang terbatas serta metode pembelajaran dengan cara ceramah membuat peserta didik bosan untuk mendengarkan materi yang disampaikan. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan media pembelajaran masih belum sepenuhnya efektif dalam mendukung pemahaman peserta didik terhadap pembelajaran fisika.

Hasil wawancara dengan guru mata pelajaran fisika di SMA Negeri 1 Banjar menunjukkan gambaran mengenai pelaksanaan pembelajaran fisika di sekolah tersebut. Pembelajaran yang berlangsung selama ini cenderung masih mengandalkan media-media konvensional seperti papan tulis, buku paket, dan modul. Metode ceramah pun masih menjadi pendekatan utama yang digunakan guru dalam menyampaikan materi. Kegiatan praktikum juga belum dilaksanakan secara optimal karena keterbatasan sarana laboratorium, di mana sebagian besar peralatan yang tersedia merupakan alat lama yang kurang mendukung penyampaian konsep secara maksimal. Untuk materi yang tidak memerlukan penggunaan alat dan bahan laboratorium, proses pembelajaran umumnya dilakukan melalui metode ceramah dan demonstrasi sederhana yang hanya mampu menampilkan fenomena pada tingkat makroskopik. Selain itu, guru menyampaikan

bahwa telah mengenal konsep laboratorium virtual, namun hingga saat ini media tersebut belum diterapkan sebagai bagian dari proses pembelajaran maupun sebagai alternatif pelaksanaan praktikum fisika. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh keterbatasan pengetahuan dan keterampilan pendidik dalam memanfaatkan teknologi pembelajaran.

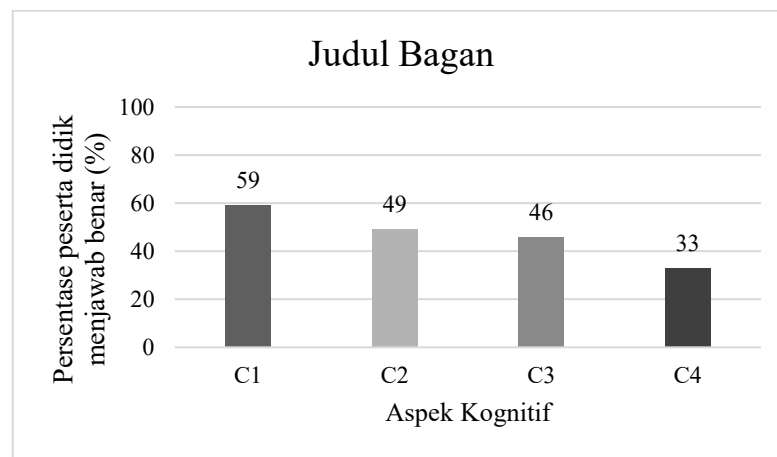
Berdasarkan observasi terhadap aktivitas belajar di kelas, terlihat bahwa keterlibatan aktif peserta didik selama pembelajaran fisika berlangsung tergolong rendah. Hal ini tercermin dari kurangnya respons, partisipasi, dan fokus peserta didik terhadap materi yang diajarkan. Peserta didik cenderung berperan sebagai penerima informasi secara pasif dengan kesempatan yang terbatas untuk berinteraksi langsung dengan materi, mengajukan pertanyaan, maupun terlibat dalam diskusi kelas. Kondisi semacam ini berpotensi mengakibatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep-konsep fisika kurang maksimal, yang pada akhirnya turut memengaruhi rendahnya capaian hasil belajar pada aspek kognitif. Dugaan tersebut diperkuat oleh hasil tes kemampuan awal pada materi gerak melingkar yang dilaksanakan terhadap peserta didik kelas XI IPA 1 SMA Negeri 1 Banjar, dengan menggunakan instrumen berupa soal pilihan ganda yang diadaptasi dari penelitian Hanifati (2018). Adapun hasil tes tersebut disajikan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Persentase Kriteria Ketuntasan Minimal Seluruh Peserta Didik

Hasil tes kemampuan awal mengungkapkan bahwa hasil belajar kognitif peserta didik masih berada pada kategori rendah. Hal ini dapat dilihat dari capaian ketuntasan belajar yang belum sesuai harapan, dengan hanya sekitar 9% peserta didik yang berhasil mencapai kriteria ketuntasan minimum (KKM), sementara 91% sisanya belum mampu memenuhi standar tersebut. Kondisi ini mengindikasikan

bahwa pembelajaran yang berlangsung belum optimal dalam memfasilitasi peserta didik untuk membangun pemahaman konsep fisika secara komprehensif. Di samping itu, hasil analisis terhadap penguasaan ranah kognitif level C1 sampai C4 memperlihatkan bahwa kemampuan peserta didik masih didominasi oleh kategori *lower order thinking skills* (LOTS), yakni pada level C1 hingga C3. Adapun gambaran mengenai penguasaan level kognitif tersebut disajikan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Persentase Tingkat Kognitif Peserta Didik

Mengacu pada Gambar 1.2, tingkat penguasaan ranah kognitif tertinggi berada pada level C1 (mengingat) dengan persentase rata-rata 59%, diikuti oleh level C2 (memahami) sebesar 49%. Adapun penguasaan pada level C3 (menerapkan) berada pada angka 46%, sementara level C4 (menganalisis) memperoleh persentase paling rendah, yakni 33%. Data tersebut mengindikasikan bahwa kemampuan kognitif peserta didik masih cenderung berada pada kategori keterampilan berpikir tingkat rendah (*lower order thinking skills*). Rendahnya capaian pada kemampuan menerapkan dan menganalisis menunjukkan bahwa pembelajaran yang berlangsung belum sepenuhnya berhasil menumbuhkan kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik, terutama dalam hal mengaplikasikan konsep serta menganalisis permasalahan-permasalahan fisika. Penelitian ini membatasi pengukuran hasil belajar kognitif hanya pada jenjang C1 sampai C4 dengan beberapa pertimbangan. Pertama, tuntutan Capaian Pembelajaran (CP) Fase F pada materi gerak melingkar lebih menekankan pada kemampuan memahami, menerapkan, dan menganalisis hubungan antar besaran fisis, sehingga jenjang C4

telah merepresentasikan capaian kompetensi yang diharapkan. Kedua, jenjang mengevaluasi (C5) dan mencipta (C6) merupakan kemampuan berpikir tingkat tinggi yang lebih tepat diukur melalui instrumen non-objektif seperti tes uraian atau produk berbasis proyek, sedangkan penelitian ini menggunakan tes pilihan ganda yang lebih sesuai untuk desain kuasi eksperimen dengan waktu terbatas. Ketiga, instrumen tes yang digunakan merupakan adaptasi dari instrumen tervalidasi pada penelitian Hanifati (2018), yang juga disusun hingga jenjang C4. Temuan ini sejalan dengan hasil studi pendahuluan melalui wawancara terhadap peserta didik, yang mengungkapkan bahwa rendahnya hasil belajar kognitif peserta didik dipicu oleh kurangnya pemahaman terhadap materi fisika akibat proses pembelajaran yang masih berpusat pada guru (*teacher center*) serta minimnya pelibatan peserta didik secara aktif dalam pembelajaran. Atas dasar itu, pemanfaatan laboratorium virtual dapat dijadikan salah satu alternatif guna meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik selama proses belajar berlangsung. Dengan pengalaman belajar yang lebih interaktif, laboratorium virtual diharapkan dapat membantu peserta didik dalam membangun pemahaman konsep secara lebih mendalam, sehingga turut mendukung peningkatan hasil belajar kognitif pada mata pelajaran fisika. Di samping itu, penerapan laboratorium virtual juga berpotensi menjadi solusi atas terbatasnya pelaksanaan praktikum akibat kondisi peralatan laboratorium yang kurang memadai, sehingga kegiatan eksperimen dalam pembelajaran tetap dapat terlaksana secara optimal.

Berdasarkan hasil angket analisis kebutuhan terhadap penggunaan laboratorium virtual, sebanyak 86% peserta didik menyatakan lebih tertarik mempelajari fisika apabila pembelajaran didukung oleh laboratorium virtual. Selain itu, peserta didik juga menilai bahwa media tersebut dapat memudahkan pemahaman terhadap konsep-konsep fisika dibandingkan dengan pembelajaran yang bersifat konvensional. Temuan ini menunjukkan bahwa laboratorium virtual memiliki potensi yang besar untuk diterapkan dalam pembelajaran fisika sekaligus mencerminkan tingginya minat dan kesiapan peserta didik dalam memanfaatkan teknologi sebagai sarana pendukung proses belajar. Ada banyak jenis laboratorium virtual yang dapat digunakan, salah satunya yaitu *The Physics Aviary* dan *PhET*.

The Physics Aviary merupakan *platform* daring yang menyediakan simulasi fisika dan aktivitas pembelajaran interaktif, termasuk simulasi *circular force lab* untuk menjelaskan konsep gerak melingkar. Media pembelajaran laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik, terutama pada materi dinamika gerak..

Hasil penelitian (Cando, 2023) mengungkapkan bahwa penerapan media tersebut mampu memberikan peningkatan yang signifikan terhadap efektivitas proses pembelajaran. Meskipun pada *pre-test* 100% peserta didik berada pada kategori *No Alcanza los Aprendizajes Requeridos* (tidak mencapai pembelajaran yang diinginkan), setelah penggunaan *The Physics Aviary*, hasil *post-test* pada kelas eksperimen menunjukkan perubahan positif yang drastis. Sebanyak 68% peserta didik berhasil mencapai kategori *Domina los Aprendizajes Requeridos* (menguasai pembelajaran yang diinginkan), 29% pada kategori *Alcanza los Aprendizajes Requeridos* (mencapai pembelajaran yang diinginkan), dan 3% pada kategori *Próximo a Alcanzar los Aprendizajes Requeridos* (hampir mencapai pembelajaran yang diinginkan). Peningkatan ini lebih signifikan dibandingkan dengan kelas kontrol yang hanya 6% mencapai kategori menguasai. Oleh karena itu, penerapan laboratorium virtual *The Physics Aviary* berpotensi memberikan dampak positif terhadap efektivitas proses pembelajaran dan hasil belajar peserta didik. Selain itu, fleksibilitas penggunaannya pada pembelajaran daring maupun luring, serta kemudahan akses tanpa memerlukan aplikasi tambahan, menjadikan platform ini sebagai media pembelajaran yang adaptif dan mudah diimplementasikan.

PhET merupakan perangkat lunak berbasis simulasi interaktif yang dirancang menyerupai permainan sehingga memungkinkan peserta didik belajar melalui eksplorasi konsep sains secara mandiri dengan tampilan grafis intuitif dan alat ukur virtual (Iryani, Tandililing, & Hamdani, 2018; Rizaldi, Jufri, & Jamal, 2020). Keefektifan penggunaan laboratorium virtual berbasis *PhET* telah dibuktikan melalui berbagai penelitian. Yildirim (2021) melaporkan bahwa hasil belajar peserta didik meningkat sebesar 68,86% melalui laboratorium virtual *PhET*, sedangkan pada laboratorium langsung hanya sebesar 45,12%. Peningkatan serupa ditemukan oleh Prasetya, Hakim, & Lefudin (2022) dengan nilai rata-rata *pre-test*

50,3 yang meningkat menjadi 79,8 pada *post-test*. Selain itu, Arifudin (2021) menunjukkan adanya peningkatan ketuntasan klasikal dari 82% pada siklus I menjadi 94% pada siklus II. Penelitian lain yang dilakukan oleh Astiani, Tawil, & Yani (2019) serta Abdjul & Ntobuo (2019) juga mengonfirmasi bahwa penggunaan *PhET* memberikan hasil belajar fisika yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional.

Laboratorium virtual *The Physics Aviary* dan *PhET* memiliki tujuan yang sama, yaitu memfasilitasi peserta didik dalam memahami konsep-konsep fisika melalui pengalaman belajar yang interaktif. Dibandingkan dengan penggunaan media pembelajaran konvensional, kedua platform tersebut mampu menyajikan visualisasi dan simulasi yang mendukung pemahaman konsep secara lebih mendalam. Kedua laboratorium virtual ini dapat diakses secara gratis oleh pendidik dan peserta didik di seluruh dunia. Selain itu, kedua laboratorium virtual ini menawarkan simulasi fisika yang interaktif dan memungkinkan peserta didik untuk melakukan eksperimen, mengubah parameter, mengamati efeknya, dan melihat hasilnya secara langsung. Namun, terdapat beberapa perbedaan antara keduanya. *PhET* memiliki lebih banyak simulasi yang tersedia dalam berbagai bahasa, termasuk bahasa Indonesia, sedangkan *The Physics Aviary* cenderung lebih terbatas dalam hal ini. Selain itu, *The Physics Aviary* tidak bisa digunakan secara *offline* karena memerlukan koneksi internet untuk digunakan, tetapi tidak perlu mengunduh aplikasi tambahan, sehingga tidak membahayakan perangkat yang digunakan. Sedangkan *PhET* dapat digunakan secara *offline* dengan mengunduh program simulasinya, tetapi beberapa simulasi memerlukan aplikasi tambahan seperti java untuk dapat digunakan secara *offline*. *The Physics Aviary* dapat dijalankan di *handphone* maupun di laptop, sementara *PhET*, akses pelaksanaannya terbatas pada penggunaan komputer karena simulasi ini berjalan paling baik di komputer. Selain itu, penerapan simulasi *PhET* juga terbatas pada format file ".jar," yang dapat membatasi penggunaan di beberapa perangkat atau sistem operasi tertentu, sehingga berpotensi membatasi aksesibilitasnya bagi sebagian peserta didik (Abdurrahman, Yani, & Tawil, 2019; Cando, 2023; Rizaldi, Jufri, & Jamal, 2020).

Keberhasilan penerapan laboratorium virtual dalam meningkatkan hasil belajar kognitif tidak terlepas dari model pembelajaran yang menyertainya. Salah satu model pembelajaran yang relevan untuk diintegrasikan dengan laboratorium virtual adalah model *discovery learning*, yaitu model pembelajaran yang menempatkan peserta didik sebagai penemu konsep melalui serangkaian tahapan eksploratif, mulai dari pemberian rangsangan, identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data, pembuktian, hingga penarikan kesimpulan (Faelani, 2020). Model ini dinilai sesuai dipadukan dengan laboratorium virtual *The Physics Aviary* dan *PhET* karena kedua platform tersebut memungkinkan peserta didik melakukan eksplorasi, manipulasi variabel, dan pengamatan fenomena fisika secara mandiri, sehingga mendukung proses penemuan konsep secara aktif sesuai karakteristik *discovery learning*.

Gerak melingkar merupakan salah satu konsep dasar dalam fisika yang memiliki keterkaitan erat dengan berbagai peristiwa dan aktivitas yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Materi gerak melingkar memiliki keterkaitan yang kuat dengan berbagai aplikasi dunia nyata, seperti pergerakan planet, kendaraan yang melintasi tikungan, atau bahkan benda-benda yang berputar. Keterlibatan langsung dengan konsep gerak melingkar dapat membantu peserta didik menghubungkan teori fisika dengan situasi kehidupan nyata, yang pada gilirannya dapat meningkatkan pemahaman mereka terhadap ilmu fisika dan penerapannya dalam konteks sehari-hari. Sebagai salah satu materi fisika yang banyak diterapkan dalam berbagai fenomena kehidupan sehari-hari, pemahaman yang baik mengenai konsep gerak melingkar menjadi aspek penting yang perlu dikuasai oleh peserta didik. Namun, pelaksanaan praktikum untuk mengilustrasikan konsep gerak melingkar secara langsung di kelas sering kali terkendala oleh keterbatasan sarana dan prasarana laboratorium. Oleh karena itu, laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* dan *PhET* berpotensi menjadi alternatif media pembelajaran yang dapat mendukung terciptanya proses pembelajaran yang lebih variatif dan efektif. Pemanfaatan kedua platform tersebut diharapkan mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif, membantu peserta didik

memahami konsep fisika secara lebih mendalam, serta berkontribusi terhadap peningkatan hasil belajar kognitif.

Berdasarkan kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu, sejumlah studi telah membuktikan efektivitas *The Physics Aviary* (Cando, 2023) maupun *PhET* (Yildirim, 2021; Prasetya, Hakim, & Lefudin, 2022; Arifudin, 2021; Astiani, Tawil, & Yani, 2019; Abdjul & Ntobuo, 2019) secara terpisah dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik. Namun, belum ditemukan penelitian yang secara langsung membandingkan efektivitas kedua laboratorium virtual tersebut pada materi dan subjek penelitian yang sama, khususnya pada materi gerak melingkar yang menuntut kemampuan analisis hubungan antar besaran fisis secara mendalam. Selain itu, penelitian-penelitian terdahulu umumnya belum mengintegrasikan penggunaan laboratorium virtual dengan model *discovery learning* secara eksplisit dalam sintaks pembelajarannya. Oleh karena itu, penelitian ini menghadirkan novelty berupa perbandingan langsung (*head-to-head comparison*) antara *The Physics Aviary* dan *PhET* yang diintegrasikan dengan model *discovery learning* pada materi gerak melingkar, sehingga dapat memberikan rekomendasi empiris mengenai media laboratorium virtual yang lebih efektif digunakan pada konteks pembelajaran fisika SMA.

Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, peneliti terdorong untuk melakukan kajian lebih lanjut yang dituangkan dalam sebuah penelitian berjudul “Perbandingan Hasil Belajar Kognitif Melalui Penerapan *The Physics Aviary* dan *PhET* pada Materi Gerak Melingkar.”

B. Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan paparan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana keterlaksanaan pembelajaran menggunakan media laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* di kelas XI.5 dan media laboratorium virtual berbasis *PhET* di kelas XI.6 SMA Negeri 1 Banjar pada materi gerak melingkar?
2. Bagaimana perbandingan hasil belajar kognitif peserta didik pada pokok bahasan gerak melingkar setelah diterapkan laboratorium virtual berbasis *The*

Physics Aviary di kelas XI.5 dan media laboratorium virtual berbasis *PhET* di kelas XI.6 SMA Negeri 1 Banjar pada materi gerak melingkar?

3. Bagaimana respon peserta didik setelah menggunakan laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* di kelas XI.5 dan media laboratorium virtual berbasis *PhET* di kelas XI.6 SMA Negeri 1 Banjar pada materi gerak melingkar?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui:

1. Keterlaksanaan pembelajaran menggunakan media laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* di kelas XI.5 dan media laboratorium virtual berbasis *PhET* di kelas XI.6 SMA Negeri 1 Banjar pada materi gerak melingkar.
2. Perbandingan hasil belajar kognitif peserta didik pada pokok bahasan gerak melingkar setelah diterapkan laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* di kelas XI.5 dan media laboratorium virtual berbasis *PhET* di kelas XI.6 SMA Negeri 1 Banjar pada materi gerak melingkar.
3. Respon peserta didik setelah menggunakan laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* di kelas XI.5 dan media laboratorium virtual berbasis *PhET* di kelas XI.6 SMA Negeri 1 Banjar pada materi gerak melingkar.

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan bisa memberikan manfaat diantaranya sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Memberikan wawasan dan informasi kepada pembaca, khususnya pendidik dan calon pendidik, mengenai pemanfaatan laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* dan *PhET* sebagai media yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran fisika.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi peserta didik, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan hasil belajar kognitif peserta didik pada materi gerak melingkar serta memberikan suasana

dan pengalaman baru dalam belajar.

- b. Bagi guru, hasil penelitian ini diharapkan senantiasa menambah wawasan mengenai pemanfaatan laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* dan *PhET* sebagai media pembelajaran fisika. Selain itu, laboratorium virtual dapat dijadikan sebagai alternatif dan referensi dalam pelaksanaan pembelajaran, memperkaya variasi media yang digunakan, serta menjadi bahan pertimbangan dalam mengintegrasikan teknologi pembelajaran untuk mendukung peningkatan hasil belajar kognitif peserta didik..
- c. Bagi peneliti, diharapkan dapat menambah pengetahuan terhadap penggunaan laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* dan *PhET* dalam kegiatan pembelajaran, dapat memberikan pengalaman nyata tentang mengembangkan dan meningkatkan keterampilan dalam menggunakan laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* dan *PhET* pada materi gerak melingkar, serta dapat memaksimalkan penerapan laboratorium virtual menggunakan *The Physics Aviary* dan *PhET* pada materi gerak melingkar, sehingga hasil dari penelitian ini bisa menjadi alat acuan lanjutan dalam hal peningkatan hasil belajar kognitif peserta didik pada materi gerak melingkar.
- d. Bagi sekolah, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi dalam upaya meningkatkan kualitas pembelajaran fisika, khususnya melalui pemanfaatan laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* dan *PhET*. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam mengoptimalkan penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi untuk mendukung peningkatan hasil belajar kognitif peserta didik.

E. Definisi Operasional

Pada penelitian ini akan dipaparkan beberapa istilah yang peneliti gunakan guna menghindari perbedaan persepsi dan salah penafsiran.

1. Laboratorium virtual *The Physics Aviary* merupakan *website* yang menyediakan simulasi fisika dan aktivitas pembelajaran yang dapat diakses secara *online*. *Website* ini menyediakan berbagai macam simulasi virtual yang dapat membantu peserta didik memahami konsep fisika dengan lebih baik dan membuat pembelajaran menjadi lebih interaktif. Simulasi virtual ini digunakan

peneliti pada saat proses pembelajaran materi gerak melingkar. Adapun simulasi virtual yang digunakan peneliti adalah *circular force lab*. Dalam pelaksanaannya, laboratorium virtual ini akan diteliti di kelas eksperimen I yang keterlaksanaanya diimplementasikan melalui bantuan lembar kegiatan peserta didik (LKPD) dengan bantuan model *Discovery Learning* (DL) dan penilaian yang digunakan yaitu penilaian *Authentic Assessment Based on Teaching and Learning Trajectory with Student Activity Sheet* (AABTLT with SAS).

2. Laboratorium virtual *PhET* adalah *software* simulasi yang dapat diakses secara gratis (*free software*) dan tersedia dalam beberapa bahasa termasuk Bahasa Indonesia. Simulasi ini dirancang untuk memungkinkan pengguna melakukan aktivitas eksperimen seperti yang dilakukan di laboratorium nyata. *PhET* menyediakan berbagai macam simulasi virtual yang membantu peserta didik memahami konsep-konsep fisika dengan cara yang lebih interaktif dan menyenangkan. Melalui simulasi ini, pengguna dapat mengubah parameter, mengamati perubahan, dan menjalankan eksperimen virtual untuk memahami prinsip-prinsip ilmiah yang mendasar. Adapun simulasi virtual *PhET* yang digunakan peneliti adalah *ladybug revolution*. Dalam pelaksanaannya, laboratorium virtual ini akan diteliti di kelas eksperimen II yang keterlaksanaanya diimplementasikan melalui bantuan lembar kegiatan peserta didik (LKPD) dengan bantuan model *discovery learning* dan penilaian yang digunakan yaitu penilaian autentik AABTLT with SAS.
3. Hasil belajar kognitif merupakan capaian penguasaan pengetahuan yang diperoleh peserta didik melalui proses intelektual setelah mengikuti rangkaian pembelajaran. Dalam penelitian ini, ranah kognitif diukur menggunakan acuan Taksonomi Bloom pada level mengingat (C1), memahami (C2), menerapkan (C3), dan menganalisis (C4). Adapun penilaiannya diuji secara langsung melalui pemberian tes tertulis berupa instrumen pilihan ganda sebanyak 16 soal pada materi gerak melingkar.
4. Gerak melingkar dalam penelitian ini dioperasionalkan sebagai materi fisika kelas XI yang mencakup konsep besaran-besaran fisis pada gerak melingkar

beraturan, percepatan sentripetal, dan gaya sentripetal. Materi ini termasuk dalam capaian pembelajaran Fase F Kurikulum Merdeka sesuai Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan (BSKAP) Nomor 032/H/Kr/2024, yang menuntut peserta didik memahami konsep kinematika dan dinamika serta mampu menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari. Dalam penelitian ini, materi gerak melingkar disampaikan melalui dua media simulasi interaktif, yaitu *The Physics Aviary* dan *PhET*. Pemahaman peserta didik diukur menggunakan tes hasil belajar kognitif yang disusun berdasarkan indikator penguasaan konsep.

F. Kerangka Berpikir

Hasil studi pendahuluan yang dilaksanakan di SMA Negeri 1 Banjar diperoleh melalui kegiatan wawancara, penyebaran angket, dan pemberian tes awal untuk memperoleh gambaran mengenai hasil belajar kognitif peserta didik. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru mata pelajaran fisika, diketahui bahwa laboratorium virtual belum pernah diterapkan sebagai media pembelajaran. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh keterbatasan pengetahuan dan keterampilan pendidik dalam memanfaatkan teknologi pembelajaran. Selain itu, hasil angket yang diberikan kepada 35 peserta didik menunjukkan bahwa sebanyak 26 peserta didik atau sekitar 74,29% belum mengenal laboratorium virtual. Data angket juga memperlihatkan bahwa 94,29% peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami materi fisika. Kesulitan tersebut diduga berkaitan dengan proses pembelajaran yang masih didominasi oleh penggunaan media konvensional dan metode ceramah, sehingga keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran menjadi kurang optimal dan berdampak pada rendahnya hasil belajar kognitif.

Hal tersebut juga didukung oleh hasil tes kemampuan awal untuk memperoleh gambaran hasil belajar kognitif peserta didik. Hasil tes menunjukkan bahwa sebanyak 91% peserta didik belum mencapai nilai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM). Lebih lanjut, analisis pada level kognitif menunjukkan bahwa penguasaan peserta didik pada level Mengingat (C1) adalah sebesar 59,05%, level Memahami (C2) sebesar 49,29%, level Menerapkan (C3) sebesar 46,43%, dan level Menganalisis (C4) sebesar 32,86%. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk

meningkatkan hasil belajar kognitif peserta didik dengan menggunakan media pembelajaran yang lebih efektif. Penggunaan media pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik materi dan kebutuhan peserta didik dapat menjadi salah satu alternatif untuk mendukung peningkatan hasil belajar kognitif peserta didik.

Salah satu alternatif yang dapat diterapkan untuk meningkatkan hasil belajar kognitif peserta didik adalah melalui pemanfaatan media pembelajaran berupa laboratorium virtual. Penggunaan media ini memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam kegiatan eksperimen dan observasi, sehingga konsep-konsep fisika dapat dipahami secara lebih mendalam melalui pengalaman belajar yang bersifat interaktif. Selain itu, laboratorium virtual juga mampu meningkatkan partisipasi peserta didik selama proses pembelajaran serta mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Oleh karena itu, penerapan laboratorium virtual berpotensi menjadi salah satu strategi yang efektif dalam mendukung peningkatan hasil belajar kognitif peserta didik pada mata pelajaran fisika.

Berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi, peneliti menawarkan solusi melalui penerapan media pembelajaran laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* pada kelas eksperimen I dan laboratorium virtual berbasis *PhET* pada kelas eksperimen II. Sebelum pelaksanaan penelitian, dilakukan identifikasi masalah dan observasi awal untuk memperoleh gambaran kondisi pembelajaran serta menentukan alternatif solusi yang sesuai. Tahap selanjutnya adalah pemberian tes kemampuan awal (*pretest*) berupa soal pilihan ganda yang disusun berdasarkan indikator ranah kognitif Taksonomi Bloom revisi Anderson dan Krathwohl. Tes tersebut diberikan sebelum peserta didik memperoleh perlakuan (*treatment*) berupa penerapan laboratorium virtual. Adapun indikator hasil belajar pada ranah kognitif yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.1.

Indikator sub aspek kognitif yang digunakan pada penelitian ini yaitu dari C1 sampai C4 dengan tujuan untuk mengukur hasil belajar kognitif peserta didik pada materi gerak melingkar, yang merupakan bagian dari konsep kinematika dan dinamika dalam Capaian Pembelajaran Fase F. Pengukuran ini dilakukan untuk

mendapatkan gambaran sejauh mana peserta didik telah memahami konsep-konsep fisika sesuai dengan tuntutan kurikulum.

Kegiatan pembelajaran fisika selanjutnya dilaksanakan menggunakan laboratorium berbasis *The Physics Aviary* untuk kelas eksperimen I dan laboratorium berbasis *PhET* untuk kelas eksperimen II dengan bantuan model *discovery learning*. Keterlaksanaan proses pembelajaran dievaluasi menggunakan instrumen penilaian *Assessment of Activities Based on Teaching and Learning Trajectory with Student Activity Sheet* (AABTLT with SAS). Selanjutnya, untuk mengetahui hasil belajar kognitif peserta didik setelah penerapan laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* dan *PhET*, dilakukan tes akhir (*posttest*) dengan menggunakan instrumen soal yang sama seperti pada *pretest*. Selain itu, data mengenai respons peserta didik terhadap penggunaan kedua media pembelajaran tersebut diperoleh melalui penyebaran angket. Setelah seluruh data terkumpul, dilakukan analisis untuk mengetahui peningkatan hasil belajar kognitif peserta didik setelah mengikuti pembelajaran menggunakan laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* dan *PhET*.

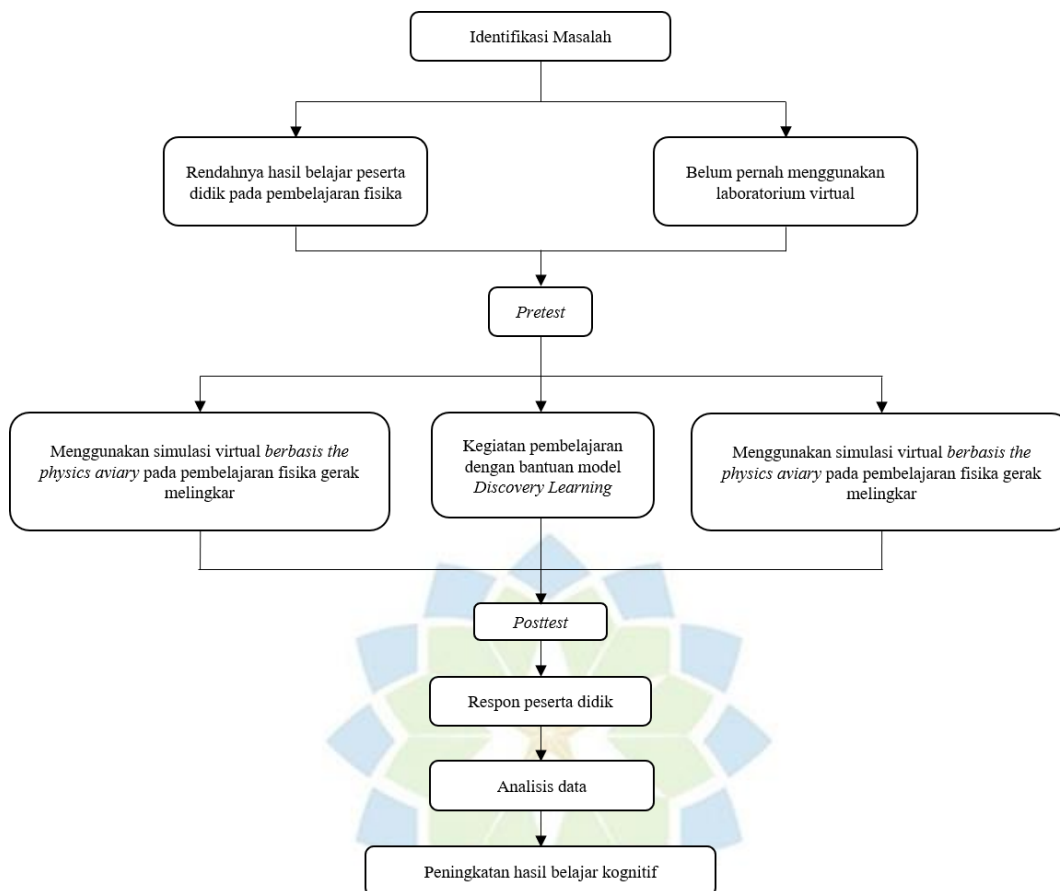
Tabel 1.1 Indikator Hasil Belajar Aspek Kognitif Taksonomi Bloom Revisi

Aspek Kognitif	Definisi	Sub Aspek Kognitif
Mengingat (<i>remember</i>) / C1	Mengingat dan mengenali kembali pengetahuan, fakta, dan konsep dari yang sudah dipelajari	Mendefinisikan, menyebutkan, menghafal, mengulang, menjelaskan, mengidentifikasi, mengetahui, memberi label
Memahami (<i>understand</i>) / C2	Membangun makna atau memaknai pesan pembelajaran, termasuk dari apa yang diucapkan, dituliskan, dan digambar	Memahami, memperkirakan, mengkategorikan, membedakan, menjelaskan, mendeskripsikan, mencontohkan, menyimpulkan, merangkum, menafsirkan
Menerapkan (<i>apply</i>) / C3	Menggunakan ide dan konsep yang telah dipelajari untuk memecahkan masalah pada situasi atau kondisi riil (sebenarnya). Aplikasi dapat diartikan sebagai penerapan atau penggunaan hukum-	Menerapkan, menentukan, menghitung, melakukan, memanipulasi, memodifikasi, mengoperasikan, memprediksi, memecahkan, menggunakan

Aspek Kognitif	Definisi	Sub Aspek Kognitif
	hukum, rumus, metode dan prinsip dalam konteks atau situasi yang lain	
Menganalisis (analyze) / C4	Menggunakan informasi untuk mengklasifikasi, mengelompokkan, menentukan hubungan suatu informasi dengan informasi lain, antara fakta dan konsep, argumentasi dan kesimpulan	Menganalisis, menguraikan, menelaah, memecahkan, mengilustrasikan, menyimpulkan, menjelajah, memilih, mengkorelasikan
Mengevaluasi (evaluate) / C5	Menilai suatu objek, suatu benda, atau informasi dengan kriteria tertentu.	Menilai, membandingkan, menyetujui, membuktikan, mengkritik, mengevaluasi
Mencipta (create) / C6	Menghubungkan bagian-bagian di dalam suatu bentuk keseluruhan yang baru; menyusun formulasi baru dari formulasi formulasi yang ada	Menyusun, membuat, merancang, memodifikasi, merencanakan

(Nafiati, 2021)

Berdasarkan hasil analisis tersebut, kemudian disusun kesimpulan penelitian. Adapun alur kerangka berpikir yang telah diuraikan dapat disajikan dalam bentuk bagan pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Bagian Kerangka Berpikir

G. Hipotesis

Berdasarkan kerangka berpikir di atas, maka hipotesis pada penelitian ini, yaitu:

H_0 : Tidak terdapat perbedaan hasil belajar peserta didik pada materi gerak melingkar antara penerapan laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* dan laboratorium virtual berbasis *PhET* pada materi gerak melingkar.

H_a : Terdapat perbedaan hasil belajar peserta didik pada materi gerak melingkar antara penerapan laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* dan laboratorium virtual berbasis *PhET* pada materi gerak melingkar.

H. Hasil Penelitian Terdahulu

Berikut ini merupakan beberapa hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya mengenai penggunaan laboratorium virtual:

1. Penelitian Yildirim (2021) tentang penggunaan laboratorium virtual berbasis *PhET colorado* untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan laboratorium

virtual pada hasil belajar peserta didik dalam pembelajaran sains. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual secara signifikan meningkatkan hasil belajar peserta didik dengan perolehan hasil yang lebih tinggi. Pada laboratorium langsung diperoleh peningkatan hasil dari *pre-test* sebesar 33,54 menjadi 48,70 pada nilai *post-test*, terjadi peningkatan sebesar 15,16 (45,12%), sedangkan pada laboratorium virtual diperoleh hasil dari *pre-test* 37,25 menjadi 62,90 pada nilai *post-test* atau meningkat sebesar 25,65 (68,86%).

2. Penelitian Islahudin dkk. (2018) mengkaji pengaruh penggunaan laboratorium virtual berbasis *Electronics Workbench* (EWB) dalam meningkatkan hasil belajar materi fisika peserta didik kelas XII IPA di MA Darussalimin NW Sengkol, Batukliang, Lombok Tengah pada Tahun Pelajaran 2018/2019. Terlihat dari hasil penelitian bahwa penerapan laboratorium virtual berbasis EWB mampu meningkatkan hasil belajar fisika secara signifikan dengan kategori sedang. Hal tersebut ditunjukkan oleh peningkatan persentase ketuntasan belajar peserta didik, dari 31,25% sebelum penggunaan EWB menjadi 87,50% setelah penggunaan EWB. Selain itu, hasil uji statistik memperoleh nilai ($t_{hitung} = 7,45540$) yang lebih besar daripada ($t_{tabel} = 2,92078$) pada taraf signifikansi 5% (tingkat kepercayaan 95%).
3. Penelitian Astiani, Tawil, & Yani (2019) tentang penggunaan laboratorium virtual berbasis *PhET colorado* terhadap motivasi belajar dan hasil belajar fisika peserta didik. Temuan hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan hasil belajar yang signifikan antara peserta didik yang diajar menggunakan laboratorium virtual dengan peserta didik yang diajar secara konvensional pada materi fisika tersebut.
4. Penelitian Prasetya, Hakim, & Lefudin (2022) tentang penggunaan laboratorium virtual berbasis *PhET colorado* terhadap hasil belajar peserta didik pada materi elastisitas. Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan laboratorium virtual dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik dengan perolehan nilai rata-rata *pre-test* 50,3 dan nilai rata-rata *post-test* 79,8.

5. Penelitian Fauji, Nuryantini, & Pitriana (2022) tentang penggunaan laboratorium virtual berbasis web *physics classroom* untuk menguji peningkatan hasil belajar peserta didik pada materi fisika momentum, impuls, dan tumbukan. Hasil penelitian menyatakan adanya peningkatan dalam hasil belajar peserta didik yang mendapatkan nilai *pre-test* sebesar 33,96 menjadi 74,79 pada nilai *post-test*, dan total nilai *N-Gain* diperoleh nilai rata-rata sebesar 0,62 dan tergolong pada kategori sedang.
6. Penelitian Arifudin (2021) tentang penggunaan laboratorium virtual berbasis *PhET Colorado* untuk meneliti peningkatan hasil belajar peserta didik pada materi listrik arus searah di SMAN 1 Amuntai. Temuan penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media laboratorium virtual memberikan dampak positif terhadap peningkatan capaian belajar peserta didik. Hal tersebut terlihat dari kenaikan nilai rata-rata yang semula 78 pada siklus I menjadi 85 pada siklus II. Selain itu, persentase ketuntasan belajar secara klasikal juga mengalami peningkatan dari 82% pada siklus I menjadi 94% pada siklus II.
7. Studi yang dilakukan oleh Abdjul dan Ntobuo (2019) menginvestigasi efektivitas laboratorium virtual berbasis *PhET* pada pembelajaran fisika materi gelombang. Hasil analisis menunjukkan bahwa peserta didik yang belajar menggunakan laboratorium virtual memperoleh capaian belajar yang lebih tinggi dibandingkan peserta didik yang mengikuti praktikum konvensional. Rata-rata hasil belajar pada kelompok laboratorium virtual tercatat sebesar 59,56%, sementara kelompok laboratorium langsung memperoleh rata-rata 49,56%. Temuan ini mengindikasikan bahwa pemanfaatan laboratorium virtual dapat mendukung peningkatan hasil belajar peserta didik.
8. Penelitian Cando (2023) tentang penggunaan laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* terhadap pencapaian proses pembelajaran materi dinamika gerak melalui tes objektif dan survei. Perolehan hasil pada kelas kontrol dan kelas eksperimen adalah hasil *pre-test* menunjukkan 100% peserta didik berada pada kategori NAAR (*No Alcanza los Aprendizajes Requeridos*) atau tidak mencapai pembelajaran yang diinginkan. Hasil *pre-test* di kelas kontrol terjadi peningkatan nilai cukup signifikan sebesar 15% peserta didik

berada pada kategori PAAR (*Próximo a Alcanzar los Aprendizajes Requeridos*) atau hampir mencapai pembelajaran yang diinginkan, 79% pada kategori AAR (*Alcanza los Aprendizajes Requeridos*) atau mencapai pembelajaran yang diinginkan, dan 6% pada kategori DAAR (*Domina los Aprendizajes Requeridos*) atau menguasai pembelajaran yang diinginkan. Pada kelas eksperimen hasil pre-test menunjukkan terjadi peningkatan sebesar 3% pada kategori PAAR, 29% pada kategori AAR, dan 68% pada kategori DAAR. Kesimpulan dari hasil penelitian yaitu penggunaan laboratorium virtual *The Physics Aviary* untuk materi dinamika gerak secara signifikan memengaruhi proses pembelajaran.

9. Penelitian Singer (2018) mengkaji penerapan *Peer Instruction* yang dipadukan dengan strategi konflik kognitif berbantuan simulasi *PhET* dan *The Physics Aviary* untuk meningkatkan hasil belajar serta pandangan peserta didik tentang *Nature of Science*. Hasil kajian memperlihatkan hasil belajar pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.
10. Nurlina dkk. (2025) mengkaji pemanfaatan laboratorium virtual berbasis *The Physics Aviary* terhadap motivasi belajar dan *self-regulated learning* (SRL) pada pembelajaran fisika kelas XI. Hasil analisis memperlihatkan bahwa media tersebut mampu mendukung peningkatan motivasi intrinsik sekaligus mengembangkan kemandirian belajar peserta didik. Hal ini ditunjukkan oleh capaian skor yang relatif tinggi pada indikator orientasi tujuan intrinsik ($M = 4,12$; $SD = 0,95$), nilai tugas ($M = 4,06$; $SD = 0,89$), pengelolaan waktu dan lingkungan belajar ($M = 4,06$; $SD = 0,81$), serta pembelajaran teman sebaya ($M = 3,91$; $SD = 0,99$). Temuan tersebut mengindikasikan bahwa laboratorium virtual dapat menjadi sarana yang efektif dalam mendukung aspek afektif dan regulasi diri dalam pembelajaran fisika.

Tabel 1. 2 Perbedaan dan Persamaan dengan Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti & Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	Yildirim (2021)	<i>The Effect of Virtual Laboratory Applications on 8th Grade Students' Achievement in Science Lesson</i>	Sama-sama meneliti efektivitas laboratorium virtual (<i>PhET</i>) terhadap hasil belajar peserta didik.	Subjek peserta didik kelas VIII pada mata pelajaran sains umum; tidak fokus pada materi gerak melingkar; tidak membandingkan dua platform laboratorium virtual.
2	Islahudin, Khaerani, & Zulkarnain (2018)	Pemanfaatan Laboratorium Virtual Berbasis <i>EWB</i> (<i>Electronics Workbench</i>) terhadap Peningkatan Hasil Belajar Fisika Siswa Kelas XII IPA	Sama-sama meneliti pengaruh laboratorium virtual terhadap hasil belajar fisika peserta didik SMA.	Menggunakan laboratorium virtual <i>EWB</i> pada materi listrik, bukan <i>The Physics Aviary/PhET</i> pada materi gerak melingkar.
3	Prasetya, Hakim, & Lefudin (2022)	Penerapan Laboratorium Virtual <i>PhET</i> Materi Elastisitas untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa	Sama-sama meneliti penerapan laboratorium virtual <i>PhET</i> terhadap hasil belajar peserta didik.	Materi yang diteliti elastisitas, bukan gerak melingkar; tidak membandingkan dua platform laboratorium virtual.
4	Prasetya, Hakim, & Lefudin (2022)	Penerapan Laboratorium Virtual <i>PhET</i> Materi Elastisitas untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa	Sama-sama meneliti penerapan laboratorium virtual <i>PhET</i> terhadap hasil belajar peserta didik.	Materi yang diteliti elastisitas, bukan gerak melingkar; tidak membandingkan dua platform laboratorium virtual.
5	Fauji, Nuryantini, & Pitriana (2022)	Penggunaan Simulasi Virtual Berbasis Web (<i>Physics Classroom</i>)	Sama-sama meneliti penggunaan simulasi/laboratorium virtual terhadap hasil	Media yang digunakan <i>Physics Classroom</i> (bukan <i>The Physics Aviary/PhET</i>); materi

No	Nama Peneliti & Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan
		untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Pokok Bahasan Momentum, Impuls, dan Tumbukan	belajar fisika peserta didik.	momentum, impuls, dan tumbukan.
6	Arifudin (2021)	Penggunaan Laboratorium Virtual <i>PhET</i> untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Siswa SMA	Sama-sama meneliti penggunaan laboratorium virtual <i>PhET</i> terhadap hasil belajar fisika.	Materi listrik arus searah; desain penelitian tindakan kelas (siklus I & II), bukan kuasi eksperimen; tidak membandingkan dua platform.
	Abdul & Ntobuo (2019)	Penerapan Media Pembelajaran <i>Virtual Laboratory</i> Berbasis <i>PhET</i> terhadap Hasil Belajar Siswa pada Materi Gelombang	Sama-sama meneliti efektivitas laboratorium virtual <i>PhET</i> terhadap hasil belajar peserta didik.	Materi gelombang, bukan gerak melingkar; tidak membandingkan dua platform laboratorium virtual.
	Cando (2023)	<i>Utilización de Programas Multiplataforma Creados en "The Physics Aviary" para la Enseñanza – Aprendizaje del Bloque Curricular Fuerza y Movimiento</i>	Sama-sama meneliti penggunaan laboratorium virtual <i>The Physics Aviary</i> terhadap proses pembelajaran fisika.	Materi dinamika gerak (bukan gerak melingkar); dilakukan di Ekuador dengan sistem penilaian <i>NAAR/PAAR/AAR/DAAR</i> ; tidak membandingkan dengan <i>PhET</i> .
	Singer (2018)	<i>The Learning Effects of Combining Peer Instruction with</i>	Sama-sama menggunakan simulasi <i>PhET</i> dan <i>The Physics Aviary</i>	Fokus pada strategi <i>Peer Instruction</i> dan konflik kognitif terhadap <i>Nature of Science</i> , bukan hasil

No	Nama Peneliti & Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan
		<i>a Cognitive Conflict Strategy</i>	sebagai media pembelajaran fisika.	belajar kognitif; tidak membandingkan efektivitas kedua platform secara langsung.
	Nurlina dkk. (2025)	<i>Application of the Physics Aviary Virtual Laboratory to Support Student Motivation and Self-Regulated Learning</i>	Sama-sama meneliti pemanfaatan laboratorium virtual <i>The Physics Aviary</i> dalam pembelajaran fisika kelas XI.	Variabel yang diteliti motivasi belajar dan <i>self-regulated learning</i> , bukan hasil belajar kognitif; tidak membandingkan dengan PhET.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, penggunaan laboratorium virtual terbukti memiliki potensi dalam meningkatkan hasil belajar serta menjadi alternatif yang sesuai di era Revolusi Industri 4.0. Namun, kajian tersebut umumnya masih berfokus pada peningkatan hasil belajar secara umum, baik kognitif maupun aspek lain, tanpa melakukan perbandingan yang spesifik. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada perbandingan hasil belajar kognitif peserta didik melalui penerapan laboratorium virtual *The Physics Aviary* dan *PhET* pada materi gerak melingkar.