

BAB 1

PENDAHULUAN

Bagian ini merupakan bagian perkenalan yang terdiri dari latar belakang masalah, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan definisi operasional. Latar belakang masalah pada penelitian ini membahas tentang tinjauan umum tentang topik penelitian dan identifikasi kesenjangan atau masalah yang ditemukan, pembahasan tentang signifikansi masalah, dan penjelasan tentang bagaimana penelitian akan berkontribusi untuk mengatasi kesenjangan tersebut. Perumusan masalah penelitian merupakan penetapan pertanyaan spesifik yang akan dijawab pada penelitian dengan jelas. Tujuan penelitian menguraikan tujuan spesifik yang ingin dicapai pada penelitian. Manfaat penelitian ini terdiri dari manfaat teoretis dan praktis. Manfaat teoretis menginformasikan bagaimana penelitian ini akan memajukan pengetahuan di bidang pendidikan fisika. Sedangkan manfaat praktis menginformasikan bagaimana hasil penelitian ini dapat digunakan untuk memecahkan masalah dunia nyata atau memberikan bahan rujukan, perbandingan, maupun pendukung penelitian sejenis. Definisi operasional memastikan kejelasan dan konsistensi dalam penelitian dengan mendefinisikan istilah-istilah kunci yang terdiri dari definisi yang jelas dan tepat dari semua konsep dan variabel penting yang digunakan dalam penelitian.

A. Latar Belakang Masalah

Hakikat *Natural of Science (NoS)* merupakan akumulasi dari komponen *content*, *process* dan *context* (Yacoubian, 2021; Lederman, dkk., 2013). *NoS* mengacu pada epistemologi sains, sains sebagai cara untuk mengetahui, dan nilai-nilai serta keyakinan yang melekat pada pengetahuan ilmiah dan perkembangannya (Yacoubian, 2021; Abd-El-Khalick dan Lederman, 2009). Fisika merupakan salah satu cabang dari sains yang mengkaji interaksi materi dan energi serta interaksi diantara keduanya (Faridi, dkk., 2021; Suhandi & Utari, 2019). Fisika merupakan ilmu yang berhubungan dengan gejala-gejala alam dan benda-benda yang sistematis yang tersusun secara teratur, berlaku umum yang berupa kumpulan dari hasil observasi dan eksperimen (Brambilla, dkk., 2020; Suhandi & Utari, 2019). Apabila

ditinjau pada proses pengembangan ilmu fisika, seorang ilmuwan akan mengamati fenomena fisis yang terjadi di alam lalu melakukan analisis deduktif yang menghasilkan hipotesis dan melakukan pengkajian melalui proses dan sikap ilmiah (Suhandi & Utari, 2019). Hasil kedua proses tersebut dijadikan dasar untuk melakukan kegiatan penyelidikan melalui sintesis induktif dan menghasilkan produk fisika seperti hukum fisika.

Produk ilmiah tidak dapat dipisahkan dari implementasinya yaitu fisika sebagai *a body of knowledge* (produk), *a way of thinking* (sikap), dan *a way of investigating* (proses) (Sibuea, dkk., 2019). Fisika sebagai produk maksudnya bahwa fisika merupakan kumpulan pengetahuan berupa fakta, konsep, prinsip, hukum, rumus, teori dan model yang menjadi kumpulan pengetahuan (Coccia, 2020). Fisika sebagai proses maksudnya fisika melalui serangkaian proses untuk mempelajari gejala alam yang melibatkan materi, energi dan interaksinya dalam menciptakan produk (Lin, dkk., 2019). Proses tersebut meliputi langkah-langkah pengamatan, perumusan masalah, pengajuan hipotesis, pelaksanaan eksperimen, pengolahan dan analisis data, serta penarikan kesimpulan. Sedangkan fisika sebagai sikap dimaksudkan bahwa pada setiap langkah dalam proses membutuhkan sikap ilmiah. Prosedur yang digunakan dalam mendapatkan pengetahuan fisika dikenal sebagai metode ilmiah. Metode ilmiah merupakan proses keilmuan untuk memperoleh pengetahuan secara sistematis berdasarkan bukti-bukti fisis (Bond, dkk., 2020).

Pembelajaran fisika di perguruan Tinggi yang menyelenggarakan program pendidikan fisika diharapkan dapat membekalkan mahasiswa calon guru dengan Literasi Inkuiri Sains (LIS) dan kemampuan Eksplanasi Ilmiah (EI) dalam memahami fenomena alam. Hal ini bertujuan agar calon guru fisika memiliki kesiapan mengajar fisika sesuai dengan hakikat sains. Disamping itu, mahasiswa program pendidikan fisika juga diharapkan memiliki kemampuan yang baik dalam penggunaan laboratorium sebagai alat pembelajaran sains yang sesuai dengan hakikat sains yaitu penemuan. Lulusan perguruan tinggi program pendidikan harus dibekalkan kemampuan LIS yang baik sehingga calon guru fisika memiliki bekal yang cukup kuat untuk menjadi guru yang profesional (Frågât, dkk., 2021). Hal ini sejalan dengan tuntutan kurikulum merdeka yang menghendaki peserta didik dapat

memiliki pemahaman konsep yang utuh, menguasai literasi inkuiri sains yang komprehensif dan kemampuan eksplanasi ilmiah yang mumpuni untuk menghadapi Revolusi Industri 4.0. Revolusi Industri ini menuntut proses pendidikan untuk berkembang lebih cepat sesuai tuntutan pembelajaran atau perkuliahan sesuai Abad 21 (Jalinus, 2021).

Standar Nasional Pendidikan Sains menyatakan bahwa seseorang dikatakan literat inkuiri sains orang tersebut memiliki pemahaman yang baik terhadap 6 komponen utama LIS yang meliputi: (1) sains sebagai inkuiri, (2) konten sains, (3) sains dan teknologi, (4) sains dalam pandangan pribadi dan sosial, (5) sejarah dan sifat ilmu pengetahuan, dan (6) kombinasi konsep dan proses. LIS merupakan bagian dari pendidikan sains dan penyelidikan ilmiah merupakan salah satu komponen literasi sains. Dua indikator LIS meliputi: 1) pemahaman metode inkuiri sains untuk menentukan pengetahuan ilmiah, dan 2) mengorganisasikan, menganalisis, dan menafsirkan data kualitatif serta informasi ilmiah. Selanjutnya, *Next Generation Science Standards* (2013) menambahkan bahwa untuk memahami konsep sains secara fundamental, inkuiri sains dapat diposisikan sebagai komponen literasi sains. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa inkuiri sains merupakan salah satu bentuk literasi sains.

Inkuiri sains terdiri dari keterampilan proses dan pemahaman sains. Keterampilan proses termasuk di dalamnya; desain penyelidikan, metode pengumpulan data, dan teknik analisis data. Pemahaman sains berhubungan dengan aspek filsafat dan sosiologi ilmu, seperti teori-teori sains tentatif atau peran kreativitas dalam percobaan. Baik keterampilan proses maupun pemahaman sains dimaksudkan untuk memberikan deskripsi otentik tentang bagaimana ilmuwan melibatkan kegiatan eksperimen dalam pembelajaran sains. Inkuiri sains mencakup proses ilmu pengetahuan klasik, namun masih mengacu pada proses memperoleh ilmu pengetahuan, penalaran ilmiah, dan berpikir kritis untuk membangun pengetahuan ilmiah melalui kegiatan empiris (Bond, dkk., 2020; Innatesari, dkk., 2019).

Berdasarkan hasil studi pendahuluan pada mahasiswa program studi pendidikan fisika salah satu perguruan tinggi di provinsi Banten melalui tes tertulis menggunakan instrumen LIS (Darman, dkk., 2024b) diperoleh informasi bahwa

data mengenai capaian Literasi Inkuiri Sains (LIS) dari 34 mahasiswa seperti yang disajikan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Capaian Tiap Aspek Literasi Inkuiri Sains pada Studi Pendahuluan

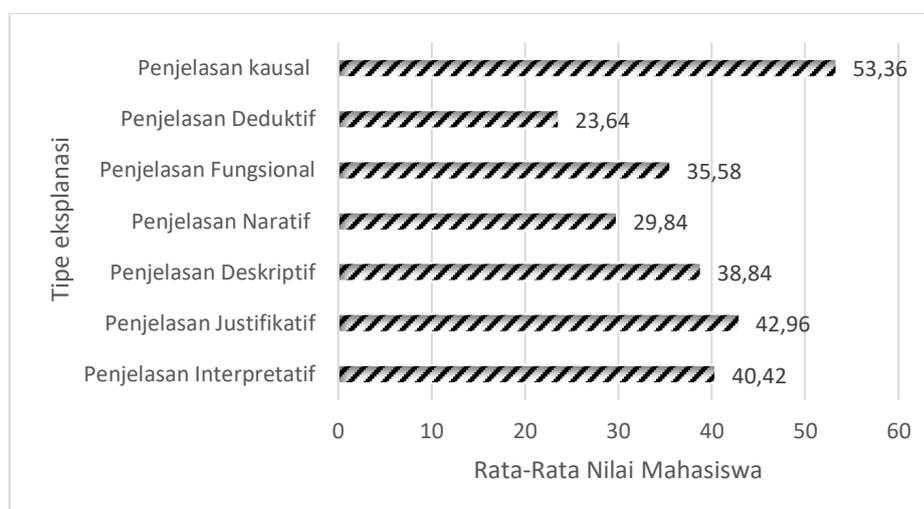
Aspek Literasi Inkuiri Sains (LIS)	Rata-rata Skor
Aspek pengetahuan	28,06
Aspek keterampilan	32,95
Aspek sikap	82,70

Berdasarkan Tabel 1.1 dapat dilihat bahwa pencapaian aspek LIS mahasiswa pada salah satu perguruan tinggi di provinsi Banten secara berurutan rata-rata skor aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap dari skor maksimum ideal 100 adalah sebesar 28,06 dengan kategori rendah, 32,95 dengan kategori rendah, dan 82,70 dengan kategori tinggi. Berdasarkan data ini tampak bahwa rata-rata Literasi Inkuiri Sains (LIS) aspek pengetahuan dan keterampilan peserta didik berada pada kategori rendah, sedangkan aspek sikap LIS berada pada kategori tinggi. Kondisi ini menunjukkan adanya masalah dalam pencapaian LIS aspek pengetahuan dan keterampilan oleh peserta didik, sekaligus mengisyaratkan perlu adanya upaya untuk meningkatkannya.

Selain LIS, kemampuan eksplanasi ilmiah peserta didik juga merupakan sesuatu yang penting yang perlu diperhatikan. Pencapaian kemampuan eksplanasi ilmiah merupakan salah satu tujuan dari pembelajaran fisika. Salah satu bagian dari domain kompetensi peserta didik dalam PISA 2015 adalah kemampuan Peserta didik menjelaskan fenomena secara ilmiah atau disebut eksplanasi ilmiah. Eksplanasi Ilmiah merupakan pengungkapan hubungan sebab akibat atau memodelkan mekanisme yang mendasari situasi tertentu atau fenomena ilmiah dengan penerapan teori secara eksplisit yang melampaui deskripsi pola alam (Cabitza, dkk., 2023; Yao & Guo, 2018). Peningkatan kemampuan eksplanasi ilmiah menghasilkan manfaat bagi bidang Pendidikan sains. Salah satunya adalah peningkatan literasi sains pada kompetensi PISA. Salah satu indikator eksplanasi ilmiah adalah kemampuan bernalar. Kemampuan bernalar juga menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi hasil belajar. Eksplanasi ilmiah telah menjadi salah satu fokus dalam tujuan pendidikan sains di seluruh dunia. Eksplanasi Ilmiah

sangat penting bagi siswa, karena akan mendukung siswa dalam memberikan penjelasan ilmiah terhadap suatu fenomena.

National Research Council (NRC) menekankan penjelasan ilmiah sebagai fitur penting, kemampuan mendasar, dan pemahaman mendasar tentang penyelidikan ilmiah. Penjelasan ilmiah merupakan bagian dari domain kompetensi literasi sains yaitu dalam kerangka PISA 2015. Terdapat tujuh tipe Eksplanasi ilmiah yang perlu dibekalkan kepada mahasiswa calon guru fisika yaitu penjelasan kausal, deduktif, fungsional, naratif, deskriptif, justifikasi, dan interpretatif (Saminan, dkk., 2022; Suhandi, dkk., 2018). Data studi pendahuluan tentang kemampuan eksplanasi ilmiah mahasiswa calon guru fisika pada salah satu perguruan tinggi di provinsi Banten ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Hasil Studi Pendahuluan Kemampuan Eksplanasi Ilmiah Mahasiswa

Berdasarkan Gambar 1.1 diperoleh informasi bahwa kemampuan eksplanasi ilmiah mahasiswa masih berada pada kategori rendah untuk setiap tipe eksplanasi ilmiah yang diuji. Rata-rata skor keseluruhan dari semua kemampuan eksplanasi ilmiah adalah 37,80 dari skor maksimum ideal 100, yang mengindikasikan bahwa kemampuan eksplanasi ilmiah mahasiswa berada pada kategori rendah. Rendahnya kemampuan eksplanasi ilmiah mahasiswa diperkirakan berhubungan dengan perkuliahan fisika yang belum sesuai dengan dengan hakikat IPA fisika itu sendiri. Hasil observasi terhadap proses kegiatan perkuliahan Fisika yang dilakukan di Program Studi Pendidikan Fisika pada salah satu perguruan tinggi di provinsi

Banten menunjukkan bahwa kegiatan perkuliahan yang dilaksanakan selama ini belum menstimulasi pemahaman konten fisika secara utuh dan akuisisi kemampuan eksplanasi ilmiah secara optimum.

Fisika sebagai bagian dari sains memiliki hakekat produk, proses dan sikap. Produk sains seperti konsep, hukum, prinsip dan azas sebaiknya dapat diperoleh peserta didik melalui proses konstruksi sendiri melalui perkuliahan yang menggunakan pendekatan penemuan (Ilomuanya & Aramide, 2024; Russell & Martin, 2023). Konstruksi konsep-konsep fisika oleh peserta didik dapat difasilitasi melalui kegiatan penyelidikan secara empiris. Kegiatan praktikum merupakan salah satu bagian dari kegiatan penyelidikan empiris dalam fisika (Coccia, 2020). Banyak konsep dan hukum fisika yang dulunya ditemukan oleh para ahli melalui kegiatan penyelidikan secara inkuiri. Untuk konsep atau hukum fisika yang ditemukan melalui proses investigasi, sangat cocok jika pembelajarannya kepada peserta didik juga menggunakan langkah ilmiah yang serupa dengan yang digunakan oleh para ilmuwan penemunya (Manz, dkk., 2020).

Pembelajaran fisika yang menggunakan metode praktikum selain dapat memfasilitasi konstruksi pemahaman konsep fisika juga dapat melatih berbagai keterampilan sains (Susilawati, dkk., 2022). Aktivitas organ tubuh dan aktivitas berpikir yang terjadi selama pelaksanaan kegiatan praktikum fisika dapat melatih keterampilan *hands-on* maupun *minds-on*. Keterampilan *hands-on* mencakup keterampilan proses sains sedangkan keterampilan *minds-on* mencakup keterampilan berpikir tingkat rendah maupun keterampilan berpikir tingkat tinggi. Penggunaan metode praktikum dalam pembelajaran fisika dapat menjamin pencapaian tiga ranah hasil belajar fisika secara baik yaitu ranah kognitif, ranah psikomotorik (*skills*) maupun ranah afektif (Fitriana, 2024).

Untuk kegiatan praktikum dalam rangkaian proses investigasi secara inkuiri dalam pembelajaran fisika tentu diperlukan alat-alat praktikum yang memadai. Di sekolah-sekolah dan universitas-universitas yang menyelenggarakan pembelajaran atau perkuliahan fisika biasanya dibangun laboratorium fisika yang mengoleksi alat-alat praktikum fisika. Dengan tersedianya alat-alat praktikum tersebut, guru atau Dosen dapat menyelenggarakan kegiatan praktikum bagi para peserta didiknya dalam rangka pelaksanaan hakekat sains kedua yaitu proses sains, sekaligus sebagai

wahana penanaman hakekat sains ketiga yaitu sikap ilmiah. Namun sayangnya untuk beberapa materi fisika, kegiatan praktikum nyata (riil lab) sulit diselenggarakan karena adanya keterbatasan-keterbatasan dalam proses pengukuran besaran/variabel fisika terkait sehubungan dengan alat ukur presisinya tidak tersedia. Padahal praktikumnya itu sendiri sederhana dan mudah dilakukan. Sebagai contoh, praktikum tentang pemuaian panjang bahan logam, praktikumnya sangat sederhana karena hanya mengukur pertambahan panjang bahan tersebut antara sebelum dipanaskan dan setelah dipanaskan. Namun praktikum ini sangat jarang dilakukan karena ketaktersediaan alat ukur pertambahan panjang yang presisi. Pertambahan panjang biasa diukur dengan mistar dan mistar sangat mudah untuk disediakan, namun sayangnya dalam praktikum pemuaian panjang ini mistar tidak bisa digunakan untuk mendapat data akurat. Mistar merupakan alat ukur panjang dengan skala terkecil milimeter (mm), sedangkan pertambahan panjang bahan logam ordenya di bawah milimeter akibat nilai koefisien muai panjang bahan logam yang sangat kecil. Oleh karena itu nilai ukur pertambahan panjang yang akurat sulit di dapat dan lebih ke nilai taksiran. Praktikum yang mengandalkan data taksiran tidak baik untuk dilakukan karena nantinya akan menghasilkan kesimpulan yang tidak tepat.

Untuk mengatasi kesulitan pelaksanaan praktikum riil karena keterbatasan alat ukur dan alasan lainnya, maka seiring dengan berkembangnya teknologi ICT, maka di beberapa perguruan tinggi dan lembaga riset telah dikembangkan apa yang disebut sebagai alat-alat praktikum maya (*virtual laboratory*). *Virtual laboratory* (*virtual lab*) merupakan laboratorium yang disimulasikan dan divisualisasikan melalui format digital dan ditampilkan pada layar komputer (Kapici, dkk., 2019; Semenikhina, dkk., 2021). *Virtual lab* juga dapat didefinisikan sebagai perangkat lunak multisensori yang memiliki interaktivitas untuk menstimulasikan praktikum-praktikum tertentu dengan mereplikasi praktikum nyata ke dalam dunia maya (Fajri, dkk., 2022). Dengan *Virtual lab* memungkinkan Peserta didik untuk melakukan kegiatan pengukuran besaran fisika dengan menggunakan alat-alat virtual untuk mendapatkan data (Bogusevschi, dkk., 2020). Dalam *virtual lab* memungkinkan alat-alat praktikumnya direkayasa dengan skala ukur disesuaikan dengan yang dibutuhkan. Ketika di dunia nyata tidak tersedia alat ukur nyata untuk

suatu variabel fisika yang diukur, maka dalam dunia virtual alat ukur itu bisa disediakan. Peserta didik dapat melihat ke dalam perangkat yang mereka operasikan melalui tampilan visual, animasi dan representasi yang diadaptasi dari praktikum yang sesungguhnya (Chans, dkk., 2022; Kapilan, dkk., 2021). Berdasarkan uraian di atas, dapat dikatakan bahwa dengan *virtual lab* kemungkinan untuk melakukan kegiatan eksperimen atau praktikum fisika menjadi lebih besar dibandingkan menggunakan riil lab.

Salah satu universitas ternama yang telah mengembangkan *virtual lab* adalah university of Colorado di Amerika Serikat melalui program *Physics Education Technology (PhET)*. Melalui program *PhET* telah cukup banyak produk simulasi virtual maupun *virtual lab*. Media virtual yang telah dikembangkan di sana tidak hanya untuk fisika tetapi juga untuk kimia, biologi dan juga astronomi. Hasil penelusuran website *PhET* Colorado diperoleh informasi tentang jumlah simulasi virtual dan *virtual lab* yang telah dikembangkan di sana. Media virtual terkait materi fisika yang telah dikembangkan dan tersedia pada *PhET* terdiri dari 105 buah yang dapat dilihat pada tautan: <https://phet.colorado.edu>. Dari 105 media virtual yang tersedia di *PhET*, sebagian kecil merupakan *virtual lab* dan sisanya merupakan animasi/simulasi virtual, seperti yang disajikan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2. *Virtual Lab* Fisika yang Tersedia di *PhET*

Judul Virtual Lab	Tautan
1. <i>Circuit Construction Kit: AC - Virtual lab</i>	https://phet.colorado.edu/en/simulations/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab
2. <i>Capacitor Lab</i>	https://phet.colorado.edu/en/simulations/capacitor-lab-basics
3. <i>Circuit Construction Kit: DC-Virtual lab</i>	https://phet.colorado.edu/en/simulations/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab
4. <i>Faraday's Electromagnetic Lab</i>	https://phet.colorado.edu/en/simulations/faraday
5. <i>Blackbody Spectrum</i>	https://phet.colorado.edu/en/simulations/blackbody-spectrum
6. <i>Fourier: Making Waves, Molecules and Light</i>	https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/moleculesandlight_in.html
7. <i>Rutherford Scattering</i>	https://phet.colorado.edu/en/simulations/rutherford-scattering
8. <i>Photoelectric</i>	https://phet.colorado.edu/en/simulations/photoelectric

Judul Virtual Lab	Tautan
9. <i>Davisson-Germer: Electron Diffraction</i>	https://phet.colorado.edu/en/simulations/davisson-germer
10. <i>Nuclear Fission</i>	https://phet.colorado.edu/en/simulations/nuclear-fission

Media virtual yang dikembangkan oleh program *PhET* universitas Colorado tersebut telah banyak digunakan di manca negara untuk mendukung pembelajaran dan praktikum sains termasuk fisika. Para peneliti telah banyak yang melaporkan keberhasilan dari penggunaan *PhET* dalam mendukung kegiatan praktikum fisika dengan berbagai pencapaian tujuan pembelajaran atau praktikum yang diselenggarakan. Hollan, dkk., (2024) dan Papanastasiou, dkk (2019) telah melaporkan keberhasilan penggunaan *virtual lab* dalam meningkatkan kemampuan literasi era digital, keterampilan komunikasi dan kolaborasi. Kemudian *virtual lab* juga dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif (Oghlu Sharifov 2020; Papanastasiou, dkk., 2019). Selanjutnya keterampilan visualisasi guru-guru fisika juga meningkat dengan penggunaan *virtual lab* (Semenikhina, dkk., 2021).

Penggunaan *virtual lab* memberikan pengaruh positif dalam meningkatkan eksplanasi ilmiah ketika siswa dihadapkan pada fenomena ilmiah. Bahkan siswa yang praktikum menggunakan lab virtual memiliki kinerja lebih baik dalam menjelaskan hubungan antara konsep sains yang mereka eksplorasi serta menggunakan data untuk mendukung ide-ide dibandingkan menggunakan laboratorium nyata (Gnesdilow & Puntambekar, 2022). Selain itu Karadimas (2024) menemukan hubungan positif antara kegiatan praktikum menggunakan *virtual lab* dengan kemampuan eksplanasi ilmiah peserta didik. . Kemudian pada konsep listrik, *virtual lab* berpengaruh positif pada kemampuan pemecahan masalah mengalami peningkatan dengan penggunaan *virtual lab* (Harudu, dkk., 2024; Yuliati, dkk., 2018). Selain keterampilan di atas, ditemukan juga bahwa penggunaan *virtual lab* dapat meningkatkan prestasi belajar siswa di dalam pembelajaran jarak jauh (Klein, dkk., 2021). Di samping itu, *virtual lab* juga dapat meningkatkan keterampilan guru-guru fisika di dalam melaksanakan pembelajaran inkuiri (Wibowo, dkk., 2021), meningkatkan penguasaan konsep fisika (Puspitaningtyas, dkk., 2020; Rasheed, dkk., 2021) dan meningkatkan pemahaman

konsep siswa pada *practical model* dan *memorizing model* (Adones & Cabural, 2024; Wibowo, dkk., 2017).

Virtual lab juga dapat merekonstruksi konsepsi peserta didik (Putri, dkk., 2021), meningkatkan motivasi belajar peserta didik (Spencer, dkk., 2024; Zhuoluo, dkk., 2019) dan memberikan dampak positif terhadap sikap terhadap sains (Abaniel, 2021; Ambusaidi, 2018). *Virtual lab* ini memberikan dampak yang positif kepada peserta didik dalam pembelajaran selama *pandemic covid-19* (Kapilan, dkk., 2021) sehingga dapat membuat peserta didik belajar dari rumah tanpa mengurangi aktivitas ilmiah di dalam pembelajaran. Pengaruh *virtual lab* terhadap peningkatan kreativitas calon guru fisika juga ditemukan berupa peningkatan kreativitas verbal dan kreativitas figural serta peningkatan aspek *creative thinking* berupa *fluency, flexibility, originality, and elaboration* (Sapriadil, dkk., 2019; Zarvianti & Sahida, 2020).

Hasil penelusuran terhadap website *PhET* Collorado dan website-website lainnya yang menyediakan *virtual lab*, tidak ditemukan *virtual lab* untuk beberapa materi fisika, padahal materi-materi fisika tersebut sangat cocok dengan metode praktikum. Untuk dilaksanakan dengan praktikum riil materi-materi tersebut juga sulit untuk dilaksanakan sehubungan dengan ketiadaan alat ukur yang presisi. Paling mungkin bila materi-materi tersebut dibelajarkan dengan *virtual lab*. Materi-materi tersebut antara lain: materi pemuai logam, materi elastisitas kawat, materi pengaruh kalor terhadap kenaikan suhu, materi hambatan listrik penghantar fungsi temperatur dan lain sebagainya. Agar pembelajaran materi-materi fisika tersebut dapat dilakukan dengan metode praktikum, tidak ada jalan lain kecuali mengembangkan sendiri *virtual lab - virtual lab* yang belum tersedia di berbagai website tersebut. Terwujudnya *virtual lab - virtual lab* tersebut akan memberikan manfaat yang sangat besar karena akan melengkapi *virtual lab* fisika yang sudah eksis dan akan membantu para pengajar fisika dalam menyelenggarakan kegiatan *virtual lab*. Akan sangat bagus jika *virtual lab - virtual lab* tersebut diproduksi melalui kegiatan penelitian pengembangan.

Virtual lab direkomendasikan untuk dijadikan metode dalam pembelajaran tatap muka pada berbagai praktikum inovatif. Diantaranya praktikum yang menggunakan metode saintifik berupa pendekatan inkuiri (Ahmad, dkk., 2023).

Dina Rahmi Darman, 2025

RANCANG BANGUN VIRTUAL LAB FISIKA SERTA IMPLEMENTASINYA DALAM MODEL INQUIRY LABORATORY DAN PHYSICS MEANING ORIENTED LABORATORY UNTUK MENINGKATKAN LITERASI INKUIRI SAINS DAN EKSPANASI ILMIAH

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Kemudian *inquiry laboratory* menggunakan *virtual lab* dapat meningkatkan aktivitas mahasiswa, kemampuan literasi sains, dan respon siswa yang positif di dalam pembelajaran (Ahmad, dkk., 2023). Penelitian selanjutnya menemukan bahwa penggunaan *virtual lab* dan riil lab memiliki kelebihan masing-masing. Ketika diaplikasikan pada pembelajaran *inquiry lab*, dimana *virtual lab* dapat mengatasi keterbatasan dari riil lab (Chen, dkk., 2024). Faresta, dkk (2023) menemukan bahwa *virtual lab* efektif digunakan di dalam pembelajaran inkuiri karena dapat meningkatkan literasi sains mahasiswa.

Praktikum inovatif selanjutnya adalah praktikum yang berorientasi menemukan makna fisis yang disebut dengan *Physics meaning oriented (PMO) laboratory*. *PMO laboratory* dapat meningkatkan kemampuan eksplanasi ilmiah dengan mengintegrasikan pembelajaran berbasis masalah, teknologi imersif, dan orientasi profesional ke dalam pendidikan fisika (Reeves & Crippen, 2021). Kemudian Gnesdilow & Puntambekar (2022) membandingkan penggunaan *virtual lab* dan riil lab di dalam praktikum terhadap kemampuan eksplanasi peserta didik, dimana praktikum yang menekankan penjelasan makna fenomena dapat meningkatkan eksplanasi ilmiah baik pada *virtual lab* maupun riil lab.

Berdasarkan paparan di atas, peneliti tertarik melakukan penelitian untuk pengembangan *virtual lab* fisika baru yang nantinya diharapkan dapat melengkapi *virtual lab- virtual lab* yang telah tersedia dan digunakan dalam kegiatan praktikum fisika untuk berbagai kepentingan. Salah satu *software* aplikasi yang dapat digunakan untuk membuat *virtual lab* adalah *adobe animate*. Beberapa keunggulan yang dimiliki oleh aplikasi ini dapat menggabungkan teks, animasi, suara dan warna. Keunggulan ini dapat dengan jelas memvisualisasikan praktikum fisika secara virtual. Selain itu, *adobe animate* memiliki keunggulan dalam kemudahan penggunaannya baik oleh peserta didik, guru ataupun dosen.

Produk *virtual lab* baru beserta karakteristik khasnya dapat diklaim sebagai produk inovasi sebagai unsur kebaruan dan novelty dari penelitian. Produk *virtual lab* dapat meningkatkan literasi inkuiri sains dan eksplanasi ilmiah berdasarkan penelitian - penelitian yang telah diuraikan sebelumnya. Sehingga produk *virtual lab* fisika yang dikembangkan jika diimplementasikan di dalam praktikum inovatif seperti *virtual inquiry lab* dan *PMO Lab* diharapkan dapat memberikan manfaat

baru beserta data-data hasil implementasinya untuk meningkatkan literasi inkuiri sains dan eksplanasi ilmiah mahasiswa. Selain itu diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata baik bagi pengembangan keilmuan bidang pendidikan fisika maupun bagi pemecahan masalah lapangan yang berkaitan dengan praktik-praktik pembelajaran fisika beserta capaian hasil-hasil belajarnya.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka yang menjadi rumusan masalah secara umum adalah: *Virtual lab* fisika bagaimana yang dapat mendukung implementasi model-model praktikum inovatif untuk meningkatkan literasi inkuiri sains dan kemampuan eksplanasi ilmiah mahasiswa program pendidikan fisika?

Permasalahan penelitian di atas dapat dijabarkan menjadi pertanyaan-pertanyaan penelitian sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik produk *virtual lab* fisika yang dikembangkan untuk mendukung kegiatan praktikum fisika?
2. Bagaimana kualitas dan *usability* (kemudahan) produk *virtual lab* fisika yang dihasilkan saat digunakan dalam kegiatan praktikum?
3. Bagaimana peningkatan Literasi Inkuiri Sains (LIS) mahasiswa yang mengikuti kegiatan praktikum fisika menggunakan *virtual inquiry lab* dibandingkan dengan mahasiswa yang mengikuti kegiatan praktikum fisika menggunakan *virtual verification lab*?
4. Bagaimana peningkatan kemampuan eksplanasi ilmiah mahasiswa yang mengikuti kegiatan praktikum fisika menggunakan *virtual Physics Meaning Oriented lab (PMO lab)* dibandingkan dengan mahasiswa yang mengikuti kegiatan praktikum fisika menggunakan *virtual verification lab*?
5. Bagaimana tanggapan mahasiswa terhadap produk *virtual lab* fisika dan penggunaannya dalam kegiatan praktikum fisika?

C. Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian bertujuan supaya penelitian menjadi lebih fokus dan terarah. Penelitian ini dibatasi hanya pada pengembangan empat

buah *virtual lab* fisika. Materi-materi fisika yang dikembangkan *virtual lab* tersebut sulit dipraktikkan dengan menggunakan alat praktikum riil.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan produk *virtual lab* fisika yang berkualitas dan teruji dalam mendukung implementasi model-model praktikum fisika inovatif.

E. Manfaat Penelitian

Kegiatan penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan *virtual lab* fisika yang nantinya dapat dimanfaatkan dalam menunjang peningkatan kualitas proses dan hasil perkuliahan di universitas terutama kualitas proses praktikum dalam meningkatkan literasi inkuiri sains dan eksplanasi ilmiah.

1. Manfaat Teoretis

- a. *Virtual lab* yang dihasilkan dari penelitian ini diharapkan dapat memperkaya khasanah *virtual lab* yang telah ada di lapangan, sehingga dapat menambah alternatif pilihan alat lab untuk kepentingan (kebutuhan) kegiatan praktikum fisika di level universitas atau di level menengah.
- b. Hasil-hasil yang didapat dari penggunaan produk *virtual lab* dalam kegiatan praktikum fisika diharapkan dapat memperkuat dan mendukung teori-teori belajar dan pembelajaran yang telah eksis selama ini

2. Manfaat Praktis

- a. Produk *virtual lab* fisika yang dihasilkan dari penelitian ini dapat digunakan secara langsung oleh para dosen atau instruktur praktikum dalam kegiatan praktikum fisika baik di level universitas maupun level sekolah menengah.
- b. Hasil-hasil penelitian implementasi produk *virtual lab* fisika pada kegiatan praktikum fisika di tingkat universitas dapat dijadikan bahan rujukan, pembanding maupun pendukung bagi penelitian-penelitian sejenis yang dilakukan oleh para peneliti lain.

F. Definisi Operasional

Untuk menghindari kesalahan penafsiran terhadap istilah-istilah yang digunakan dalam penelitian ini, maka dilakukan pendefinisian secara operasional sebagai berikut.

Dina Rahmi Darman, 2025

RANCANG BANGUN VIRTUAL LAB FISIKA SERTA IMPLEMENTASINYA DALAM MODEL INQUIRY LABORATORY DAN PHYSICS MEANING ORIENTED LABORATORY UNTUK MENINGKATKAN LITERASI INKUIRI SAINS DAN EKSPANASI ILMIAH

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

1. Pengembangan Produk *Virtual Laboratory* Fisika

Pengembangan produk *virtual lab* fisika didefinisikan sebagai kegiatan merancang, membuat, memvalidasi, mengimplementasi dan mengevaluasi alat-alat praktikum maya dalam bidang fisika yang dijalankan dalam format komputer. Selayaknya sebuah peralatan praktikum maka *virtual lab* fisika dapat digunakan untuk proses pengumpulan data melalui pengukuran variabel-variabel yang terlibat dalam suatu kegiatan praktikum. Produk *virtual lab* fisika yang dikembangkan mencakup *virtual lab* fisika yang ditetapkan berdasarkan hasil analisis kebutuhan lapangan. Validitas *virtual lab* fisika diukur menggunakan formula Aiken berdasarkan *expert judgment* ahli fisika. Usabilitas *virtual lab* fisika diperoleh dari skala sikap mahasiswa pada uji coba individu dan kelompok kecil untuk menjangkau tingkat kemudahan penggunaan di dalam praktikum. Saran dari validasi dan uji coba individu dan kelompok kecil menjadi dasar revisi *virtual lab* fisika sebelum uji implementasi.

2. Literasi Inkuiri Sains (LIS)

Literasi inkuiri sains didefinisikan sebagai penguasaan peserta didik terhadap aspek-aspek literasi inkuiri sains yang mencakup: 1) aspek pengetahuan berinkuiri, 2) aspek keterampilan berinkuiri dan 3) aspek sikap terhadap inkuiri. Indikator LIS aspek pengetahuan terdiri dari 1) Memahami dengan baik konsep inkuiri; 2) Memahami dengan baik tentang konsep observasi; 3) Mengetahui dengan baik tentang konsep hipotesis; 4) Memahami dengan baik paham yang melandasi pendekatan inkuiri; 5) Memahami dengan baik tentang bentuk panduan (*guide*) untuk kegiatan inkuiri ilmiah; 6) Memahami dengan baik tentang tujuan kegiatan eksperimen secara inkuiri; 7) Membedakan istilah percobaan, eksperimen, praktikum, dan praktik; 8) Mengenal dengan baik alat dan bahan untuk kegiatan eksperimen fisika; 9) Mengenal dengan baik jenis-jenis variabel dalam kegiatan eksperimen fisika; 10) Memahami dengan baik tentang konsep pengukuran; 11) Memahami dengan baik tentang konsep komunikasi ilmiah; 12) Membedakan grafik dan diagram; 13) Mengenal dengan baik konsep generalisasi; 14) Mengenal dengan baik konsep metode saintifik; 15) Mengenal dengan baik konsep dan orientasi kegiatan eksperimen secara inkuiri; 16) Mengenal dengan baik konsep

Kemampuan Eksplanasi Ilmiah didefinisikan sebagai kecakapan mahasiswa dalam mengungkap hubungan sebab akibat atau memodelkan mekanisme yang mendasari situasi tertentu atau fenomena alam dengan menerapkan teori, konsep atau hukum fisika secara eksplisit. Eksplanasi ilmiah merupakan suatu usaha untuk menjelaskan fenomena alam berdasarkan pengetahuan ilmiah, mengartikulasikan, dan meyakinkan orang lain tentang pemahaman terhadap fenomena alam. Pada penelitian ini eksplanasi ilmiah terdiri dari level eksplanasi dan tipe eksplanasi. Level eksplanasi terdiri dari *claims*, *evidence*, dan *reasoning*. Terdapat tujuh tipe eksplanasi ilmiah yang ditinjau pada penelitian ini yaitu *interpretative*, *justificatory*, *descriptive*, *causal*, *functional*, *explanatory*, dan *narrative explanation*. Kemampuan eksplanasi ilmiah mahasiswa saat sebelum dan sesudah praktikum maya diukur dengan tes eksplanasi ilmiah dalam bentuk esai. Peningkatan kemampuan eksplanasi ilmiah mahasiswa antara sebelum dan sesudah pelaksanaan praktikum virtual ditentukan dengan menggunakan konsep $N\text{-change}$ $\langle c \rangle$ dengan kriteria tinggi jika $0,7 < \langle c \rangle \leq 1$, sedang jika $0,3 < \langle c \rangle \leq 0,7$, rendah jika $0 \leq \langle c \rangle \leq 0,3$, dan negatif jika $-1 \leq \langle c \rangle < 0$.

4. Model *Inquiry Laboratory* dengan *Virtual laboratory*

Model *inquiry laboratory* dengan *virtual lab* merupakan model praktikum yang menerapkan *inquiry laboratory* dengan menggunakan *virtual lab* atau disebut juga *virtual inquiry laboratory*. *Virtual inquiry laboratory* mengadopsi tahapan-tahapan penyelidikan yang digunakan oleh para ilmuwan terdahulu pada saat mereka menemukan suatu hukum atau teori fisika menggunakan alat praktikum virtual. Tahapan *inquiry laboratory* dengan *virtual lab* terdiri dari tahap-tahap kegiatan yaitu a) Melakukan eksplorasi variabel; b) Merumuskan masalah praktikum inkuiri; c) Merumuskan hipotesis praktikum; d) Menentukan metode berupa variabel-variabel yang digunakan di dalam praktikum, menentukan peralatan yang dibutuhkan di dalam praktikum, menentukan cara penyelidikan, menentukan rangkaian alat, menentukan jenis data yang akan dikumpulkan berdasarkan variabel bebas dan terikat, menentukan bentuk tabel, serta menentukan langkah-langkah kerja; e) Melakukan pengukuran dan pengambilan data; f) Menganalisis data hasil pengukuran; dan g) Memberikan kesimpulan berdasarkan hasil praktikum. Keterlaksanaan *virtual inquiry laboratory* diukur dengan lembar

observasi keterlaksanaan praktikum berupa persentase keterlaksanaan kegiatan dosen dan mahasiswa. Kemudian dilakukan analisis dan penilaian LKPD yang telah diisi mahasiswa.

5. Model *Physics Meaning Oriented (PMO) Laboratory* dengan *Virtual laboratory*

Model *Physics Meaning Oriented Laboratory* merupakan model praktikum yang menekankan pada "meaning" atau makna besaran fisis. *PMO Lab* dengan *virtual lab* adalah kegiatan praktikum fisika yang dapat digunakan untuk menemukan makna fisis dari suatu kuantitas fisika baik berupa konstanta maupun koefisien fisika menggunakan alat praktikum virtual atau disebut juga dengan *virtual PMO laboratory*. Mahasiswa tidak hanya diajak untuk melakukan percobaan, tetapi juga untuk menganalisis dan menginterpretasikan hasil percobaan tersebut agar bisa menghubungkan antara konsep teoritis dengan dunia nyata. Tahapan dari *POM lab* dengan *virtual lab* yaitu a) Melakukan eksplorasi variabel; b) Mencari referensi nilai koefisien suatu kuantitas fisika dari literatur; c) Melakukan penyelidikan hubungan antar variabel; d) Mengisi tabel data; e) Menganalisis data hasil penyelidikan; f) Menjawab pertanyaan pengarah untuk menemukan makna fisis suatu besaran fisika; g) Menyimpulkan makna fisis; dan h) Menjawab pertanyaan eksplanasi ilmiah. Keterlaksanaan *virtual PMO laboratory* diukur dengan lembar observasi keterlaksanaan praktikum berupa persentase keterlaksanaan kegiatan dosen dan mahasiswa. Kemudian dilakukan analisis dan penilaian LKPD yang telah diisi mahasiswa.