

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Bahan ajar memiliki peran penting dalam kegiatan belajar mengajar, sehingga menjadi salah satu faktor yang menentukan tingkat keberhasilan pembelajara (Rafi'y, 2023, hal. 669). Bahan ajar di dalamnya menyediakan materi pembelajaran, metode, batasan-batasan, dan cara mengevaluasi yang didesain secara sistematis dan menarik (Rustamana et al., 2023, hal. 3).

Jenis bahan ajar yang sering digunakan oleh guru adalah yang bersumber dari buku paket sehingga kurang mengintegrasikan dengan indikator yang akan diukur. Sehingga bahan ajar yang demikian menjadi kurang efektif dalam mengukur kompetensi tertentu pada peserta didik karena tidak ada interaktivitas yang terjadi antara peserta didik dengan bahan ajar. Guru sebagai pendidik harus kreatif dan kritis dalam mengembangkan bahan ajar yang menyenangkan, inovatif, kreatif, dan efektif sesuai perkembangan zaman (Wahyudi, 2022a, hal. 57).

Tantangan di zaman sekarang mengharuskan guru dapat mengintegrasikan teknologi pada bahan ajar. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengembangkan bahan ajar adalah *smartphone* (Iksan, 2023, hal. 385). Pemanfaatan *smartphone* berkaitan erat dengan penggunaan yang luas di berbagai kalangan, termasuk di kalangan peserta didik (Daulay, 2020, hal. 32). Bahan ajar elektronik berbasis *smartphone* memanfaatkan potensi teknologi untuk menyajikan informasi dengan cara yang lebih menarik dan interaktif (Murod et al., 2021, hal. 220), menjadi mudah diakses (fleksibel) tanpa khawatir terkendala oleh batasan fisik seperti buku teks yang harus selalu dibawa (Istiawan, 2018, hal. 14).

Keunggulan lain dari bahan ajar elektronik berbasis *smartphone* adalah dapat membantu pendidik dalam menghemat waktu mengajar, mengubah peran pendidik menjadi seorang fasilitator, dan membuat proses pembelajaran menjadi lebih efektif dan interaktif (Rustamana et al., 2023, hal. 6). Bahan ajar berbasis *smartphone* juga membuat pembelajaran menjadi mandiri dan lebih efektif dalam memfasilitasi

peserta didik untuk belajar secara aktif sesuai dengan ritme dan gaya belajar masing-masing (Rahman, 2021, hal. 2).

Hasil studi pendahuluan di SMAN 1 Pelabuhanratu melalui wawancara dengan guru fisika menunjukkan bahwa bahan ajar yang digunakan umumnya berasal dari buku paket berbagai penerbit atau bahan ajar yang disusun sendiri oleh guru, yang berisi materi, contoh soal, dan penyelesaiannya. Ditemukan pula data bahwa mayoritas peserta didik (98%) sudah memiliki dan menggunakan *smartphone*. Namun, pemanfaatan *smartphone* untuk mendukung proses pembelajaran sains, terutama dalam mata pelajaran fisika, masih tergolong rendah.

Pembelajaran sains memiliki salah satu tujuan utama, yaitu membekali peserta didik dengan keterampilan argumentasi untuk menganalisis fenomena alam dan memecahkan masalah melalui pendekatan argumentatif (M. Putri, 2024, hal. 103). Argumentasi ilmiah memegang peranan penting dalam proses sains. Oleh karena itu, tujuan pembelajaran sains tidak hanya terbatas pada penguasaan konsep dan pengetahuan, tetapi juga mencakup fasilitasi bagi peserta didik untuk terlibat aktif dalam berargumentasi selama proses pembelajaran (Roviati, 2019, hal. 57).

Kenyataannya pembelajaran sains sering kali kurang memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk mengembangkan kemampuan argumentasi mereka. Aktivitas pembelajaran yang memfasilitasi argumentasi peserta didik sering kali hanya terbatas pada sesi tanya jawab sederhana. Selain itu, pengembangan argumentasi yang melibatkan klaim, penyanggahan, atau penguatan masih minim, karena diskusi kelas yang dapat mendukung keterampilan tersebut jarang dilakukan (Roviati, 2019, hal. 57).

Argumentasi ilmiah sebagai aktivitas penting yang melekat dalam proses eksplorasi ilmiah (Paramita, 2021, hal. 1652). Peserta didik yang memiliki pemahaman yang baik tentang konsep-konsep ilmiah akan lebih mampu menyusun argumen yang didukung oleh bukti ilmiah yang relevan, sebaliknya keterampilan argumentasi yang baik juga memerlukan pemahaman mendalam tentang topik ilmiah yang sedang didiskusikan, yang dapat diperoleh melalui literasi sains (Anindita, 2020, hal. 57).

Rendahnya keterampilan argumentasi peserta didik yang diperoleh dari studi pendahuluan serupa dengan penelitian yang dilakukan peneliti sebelumnya bahwa sebagian besar peserta didik masih ada yang mengalami kesulitan dalam menyajikan pernyataan atau argumen yang baik, karena mengalami kesulitan dalam mengaitkan informasi kunci dengan data dan fakta (Anwar et al., 2019, hal. 1). Faktor penyebab lain diantaranya karena minimnya keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran dan kurangnya pemahaman materi (Novianti, 2019, hal. 1). Peneliti lain menjelaskan bahwa faktor penyebab rendahnya keterampilan argumentasi ilmiah peserta didik yaitu ada pada proses pembelajarannya yang hanya terfokus pada transfer pengetahuan dari guru ke peserta didik melalui metode ceramah atau hanya penugasan dalam bentuk latihan soal, sehingga keterampilan peserta didik dalam membuat argumentasi ilmiah kurang terasah (Nazilah, 2019, hal. 1653). Keterampilan argumentasi berkaitan dengan kemampuan peserta didik dalam bernalar informal untuk memecahkan suatu masalah, membuat pernyataan, menentukan keputusan yang didukung oleh data dan bukti serta membuat sebuah gagasan ilmiah (Bahri et al., 2021, hal. 86).

Indikator yang digunakan dalam mengukur keterampilan argumentasi peserta didik mengacu pada teori yang dikemukakan oleh Toulmin yang terdiri dari *klaim* (kesimpulan, proposisi, atau pernyataan), *data* (bukti yang mendukung klaim), *bukti* (penjelasan tentang kaitan antara klaim dan data), *dukungan* (asumsi dasar yang mendukung bukti), *kualifikasi* (kondisi bahwa klaim adalah benar), dan *sanggahan* (kondisi yang menggugurkan klaim), semua indikator tersebut disebut dengan indikator *Toulmin's Argument Pattern* (TAP) (Karbach, 1987, hal. 87).

Keterampilan argumentasi ilmiah dan literasi sains saling berkaitan dalam memperkuat kemampuan peserta didik untuk memahami, mengevaluasi, dan mengkomunikasikan informasi ilmiah secara efektif (Riwayani et al., 2019, hal. 45). Keterkaitan ini juga mendukung pengembangan pemikiran kritis, analitis, dan rasional, yang penting dalam menyusun argumen serta membuat keputusan berdasarkan informasi ilmiah yang akurat (Hamdani, 2019, hal. 143). Oleh karena itu, integrasi literasi sains dengan keterampilan argumentasi ilmiah menjadi sangat

penting untuk meningkatkan kualitas pendidikan, khususnya di era modern yang menuntut kompetensi abad ke-21 (Hamdani et al., 2019, p. 143).

Literasi sains sebagai salah satu acuan untuk melihat tingkat keberhasilan kurikulum pendidikan di Indonesia (Kemendikbud, 2017). Sehingga literasi sains menjadi tujuan pendidikan sains (Istyadji, 2023, hal. 281). Literasi sains ditandai dengan kemampuan individu dalam memahami, mengkomunikasikan, serta menyelesaikan berbagai permasalahan dalam kehidupan nyata melalui aplikasi pengetahuan berdasarkan pertimbangan sains (Jufrida et al., 2019, hal. 20). Literasi sains pada hakikatnya sebagai level tertinggi yang paling sulit dicapai karena merupakan tingkatan ketika individu memahami dan sadar akan teori-teori ilmiah, serta berpengetahuan luas tentang ilmu pengetahuan (OECD, 2018, hal. 25). Guru sebagai tenaga pendidik harus mampu mendorong peserta didiknya untuk mengembangkan literasi sains (Supriyadi, 2023, hal. 41).

Literasi sains dibangun untuk generasi zaman sekarang, bukan berarti menjadikan peserta didik sebagai seorang peneliti, namun lebih terfokus pada membekali peserta didik untuk menghadapi masa depannya agar memiliki pengetahuan sains dan teknologi (Ramli et al., 2022, hal. 30). Peran penting literasi sains untuk peserta didik yaitu membuat peserta didik paham terhadap lingkungannya, teknologi, ekonomi, kesehatan, dan sosial modern (Pertiwi et al., 2018, hal. 38).

Literasi sains peserta didik di Indonesia masih tergolong masih rendah sehingga menjadi salah satu permasalahan pendidikan khususnya di Indonesia (Rohman, 2017, hal. 49). Literasi Sains dinilai oleh *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) setiap tiga tahun. OECD ini mengembangkan program penilaian penting yang disebut *Program for International Student Assessment* (PISA) dan Indonesia telah berpartisipasi dalam PISA sejak tahun 2001 (OECD, 2018, hal. 25). OECD sebagai badan internasional yang fokus pada kerjasama ekonomi dan pembangunan, sementara PISA sebagai evaluasi terhadap kemampuan membaca, matematika, dan IPA bagi siswa berusia 15 tahun (Sutrisna, 2021, hal. 13). Berdasarkan PISA 2022 pada literasi sainsnya Indonesia

memperoleh peringkat 67 dari 73 peserta, masih berada dalam kategori masih rendah (PISA, 2023, hal. 2).

Aspek literasi sains yang menjadi fokus dalam PISA salah satunya adalah fenomena dan akibat dari pemanasan global, yang dijelaskan dalam pembelajaran tentang topik pemanasan global. Konsep mengenai fenomena pemanasan global mengharuskan peserta didik untuk mampu menganalisis dampaknya terhadap lingkungan hidup dan kehidupan manusia, serta menyajikan ide atau solusi sebagai respons terhadap masalah tersebut (Kemendikbud, 2017). Tetapi peserta didik menghadapi kesulitan dalam mencapai tujuan tersebut karena konsep mengenai fenomena pemanasan global memiliki karakteristik yang abstrak (Setianita et al., 2019, hal. 29).

Literasi sains terkait pemanasan global yang mencakup kemampuan menjelaskan fenomena pemanasan global, menginterpretasikan data dan bukti ilmiah, merancang penyelidikan ilmiah masih berada dalam kategori rendah (Yaumi et al., 2017, hal. 23). Rendahnya literasi sains peserta didik seperti data yang diperoleh dari hasil studi pendahuluan, diantaranya dijelaskan pada penelitian terdahulu bahwa faktor yang memicunya diantaranya dari sistem pendidikan, kurikulum, metode pembelajaran, model pengajaran, serta ketersediaan sumber belajar dan materi pembelajaran yang masih belum mendukung dalam upaya meningkatkan kemampuan literasi sains (Sutrisna, 2021, hal. 13), karena proses belajar pada umumnya membuat peserta didik menjadi kurang diberikan peluang dalam memahami fenomena sehari-hari (Rohman, 2017, hal. 49).

Studi pendahuluan juga dilakukan melalui pengujian literasi sains dan keterampilan argumentasi ilmiah pada peserta didik kelas X di SMAN 1 Pelabuhanratu. Tes literasi sains menggunakan instrumen berupa soal esay yang telah divalidasi oleh ahli konten (Mijaya, 2021, hal. 250). Hasilnya menunjukkan bahwa rata-rata literasi sains peserta didik hanya mencapai 12%, yang tergolong dalam kategori sangat rendah. Sementara itu, tes keterampilan argumentasi ilmiah menggunakan instrumen berupa soal esai yang juga telah divalidasi oleh ahli konten (Aulia, 2024, hal. 210). Hasil tes menunjukkan bahwa keterampilan argumentasi

peserta didik hanya mencapai 23%, yang masih berada dalam kategori sangat rendah.

Berdasarkan data studi pendahuluan di atas, diperlukan upaya untuk meningkatkan literasi sains dan keterampilan argumentasi ilmiah peserta didik. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan bahan ajar elektronik berbasis *smartphone* dengan mengintegrasikan aplikasi *Physics Education Technology (PhET) Interactive Simulations*. Aplikasi PhET memiliki karakteristik unik, di antaranya memungkinkan pengguna untuk berinteraksi langsung dengan konsep-konsep ilmiah sehingga membantu pemahaman terhadap konsep yang kompleks. Aplikasi ini juga memungkinkan pengguna melakukan percobaan virtual sesuai kebutuhan, dapat diakses secara gratis, dan menyediakan simulasi untuk berbagai topik, seperti fisika, kimia, matematika, dan biologi dengan visualisasi digital yang jelas (Malau, 2024, hal. 16614).

PhET memiliki sejumlah keunggulan, seperti mendukung pembelajaran mandiri melalui eksperimen virtual, memfasilitasi pembelajaran jarak jauh dengan memberikan pengalaman praktis tanpa batasan ruang dan waktu, serta mengintegrasikan teknologi dan pembelajaran sesuai tuntutan era digital (Malau, 2024, hal. 16614). Namun, aplikasi ini juga memiliki beberapa keterbatasan, seperti ketergantungan pada akses internet yang stabil. Selain itu, keberhasilan pembelajaran dengan PhET sangat bergantung pada kemandirian peserta didik, sehingga guru perlu menumbuhkan motivasi agar peserta didik tertarik dan mau memanfaatkan aplikasi ini secara optimal (Malau, 2024, hal. 16614).

Penelitian terdahulu terkait pemanfaatan aplikasi PhET telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Misalnya, penelitian yang menunjukkan bahwa pengembangan modul pembelajaran dengan simulasi PhET dapat meningkatkan motivasi dan hasil belajar peserta didik kelas X SMA/MA dalam mata pelajaran kimia (Sa'diyah, 2023b, hal. 104). Selanjutnya, penelitian yang mengungkapkan bahwa penggunaan media PhET Simulation dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi suhu dan kalor, mampu meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik kelas X di SMA Y Banten (Haryadi, 2020, hal. 1520). Selain itu, penelitian yang menyimpulkan bahwa penerapan laboratorium virtual PhET bersama laboratorium

fisik secara efektif dapat meningkatkan hasil belajar kognitif peserta didik kelas XI di SMA Samarinda pada materi Elastisitas dan Hukum Hooke (Zulkifli et al., 2022, hal. 401).

Bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET dapat diintegrasikan dengan model pembelajaran *discovery learning*. Model pembelajaran ini memiliki beberapa keunggulan dalam mendukung praktikum fisika menggunakan bahan ajar berbasis aplikasi PhET. Salah satunya adalah kemampuannya mengajak peserta didik untuk secara mandiri mencari solusi atas permasalahan fisika, sehingga dapat mengembangkan keterampilan pemecahan masalah yang menjadi bagian penting dari literasi sains.

Pada kegiatan praktikum fisika, penggunaan data dan bukti melalui model *discovery learning* melibatkan peserta didik dalam proses pengumpulan data, analisis hasil, dan penyusunan kesimpulan berdasarkan temuan mereka sendiri argument (Zairina, 2022, hal. 38). Hal ini membantu peserta didik memahami pentingnya penggunaan data dan bukti dalam mendukung argumen ilmiah (Mabsutsah, 2022, hal. 2192). Pendekatan ini juga diterapkan dalam praktikum fisika topik pemanasan global di kelas X, melalui penggunaan model pembelajaran *discovery learning* dimana simulasi PhET *The Greenhouse Effect* memungkinkan peserta didik untuk mengeksplorasi fenomena pemanasan global berdasarkan data dan bukti yang mereka peroleh sendiri (Karimah, 2023, hal. 862).

Model pembelajaran *discovery learning* dalam praktikum pemanasan global menggunakan simulasi PhET *The Greenhouse Effect* tidak hanya membantu peserta didik memahami konsep pemanasan global secara mendalam, tetapi juga berkontribusi dalam meningkatkan literasi sains dan keterampilan argumentasi ilmiah mereka (Winarti, 2021, hal. 49). Melalui eksplorasi mandiri dalam simulasi, peserta didik mengamati hubungan antara radiasi matahari, gas rumah kaca, dan suhu bumi, sehingga mereka belajar menginterpretasikan data dan membangun pemahaman berbasis bukti. Pada proses ini, peserta didik mengembangkan literasi sains dengan mengasah keterampilan mengamati, mengajukan pertanyaan, menganalisis data, serta menyusun kesimpulan berdasarkan hasil eksperimen virtual (Pertiwi, 2018, hal. 25). Selain itu, saat peserta didik mendiskusikan temuan

mereka dan membandingkannya dengan teori ilmiah yang ada, mereka dilatih untuk menyusun argumentasi ilmiah yang logis dan berbasis bukti (Mabsutsah, 2022, hal. 2192). Peserta didik belajar mengomunikasikan hasil eksperimen, mendukung klaim dengan data yang valid, serta mempertahankan pendapat mereka dalam diskusi kelompok atau presentasi kelas (Zairina, 2022, hal. 38). Jadi, model pembelajaran *discovery learning* melalui simulasi PhET tidak hanya memperkuat pemahaman konsep, tetapi juga membentuk peserta didik menjadi individu yang mampu berpikir kritis dan berargumentasi secara ilmiah dalam menghadapi isu-isu sains di kehidupan nyata (Karimah, 2023, hal. 862)..

Keunggulan yang lain bahwa *Discovery learning* sering kali didasarkan pada penyelidikan atas pertanyaan-pertanyaan ilmiah, proses ini membantu peserta didik untuk mengembangkan keterampilan merumuskan pertanyaan ilmiah yang relevan dan mengasah kemampuan mereka dalam menyusun argumen berdasarkan bukti (Mabsutsah, 2022, hal. 2192). Model pembelajaran *discovery learning* mendorong peserta didik untuk aktif terlibat dalam pembelajaran dengan terlibat secara langsung dalam praktikum fisika menggunakan aplikasi Phet sehingga peserta didik memiliki kesempatan untuk mengembangkan keterampilan argumentasi ilmiah melalui diskusi, kolaborasi, dan refleksi atas temuan peserta didik (Mabsutsah, 2022, hal. 2192).

Model pembelajaran *discovery learning* selain memiliki beberapa keunggulan, juga memiliki kelemahan yaitu waktu yang diperlukan lebih lama daripada model pembelajaran lainnya. Kelemahan ini dapat menjadi kendala dalam konteks praktikum fisika yang memiliki batasan waktu tertentu (Mabsutsah, 2022, hal. 2192).

Discovery learning meskipun memiliki sisi kelemahan, tetapi tetap menekankan pada proses penemuan dan pemahaman konsep oleh peserta didik melalui pengalaman langsung, sehingga dalam konteks model pembelajaran *discovery learning* sangat relevan karena memungkinkan peserta didik untuk secara aktif mengeksplorasi fenomena alam, melakukan percobaan, dan menemukan pola atau konsep-konsep ilmiah secara mandiri. Ini menciptakan lingkungan belajar yang berpusat pada peserta didik dan mendorong pemahaman

yang lebih mendalam tentang sains melalui pengalaman langsung melalui pembelajaran sains (Suryanda, 2024, hal. 104).

Fenomena sehari-hari dalam menjadi permasalahan global diantaranya yaitu pemanasan global. Topik pemanasan global sebagai salah satu bagian pada Capaian Pembelajaran fisika di fase E untuk tingkat SMA/ MA (Setianita, 2019, hal. 186). Pemerintah Indonesia menganggap topik ini penting untuk dipelajari karena banyaknya peristiwa alam yang terjadi sebagai akibat dari pemanasan global (Tamara, 2019, hal. 18). Mengingat dampak yang semakin nyata dari pemanasan global, diperlukan upaya edukasi kepada peserta didik dengan tujuan meningkatkan pengetahuan dan pemahaman mereka tentang konsep serta dampak pemanasan global (Mabsutsah, 2022, hal. 43).

Dampak pemanasan global diantaranya yaitu terjadi peningkatan suhu global yang menjadi salah satu tanda kerusakan lingkungan disebabkan oleh aktivitas manusia, yang dilakukan secara sengaja atau tidak sengaja (Nugroho, 2018, hal. 14). Kesadaran manusia terhadap keadaan dan kualitas lingkungan memiliki peran penting dalam memastikan kelangsungan hidup manusia dengan layak (Marlinda, 2017, hal. 1). Setiap individu perlu menyadari bahwa menjaga keseimbangan ekosistem adalah kunci untuk menciptakan lingkungan yang layak dan nyaman bagi kehidupan (Sumanik, 2021, hal. 24). Upaya untuk meningkatkan kesadaran akan lingkungan diantaranya melalui pendidikan, sehingga nilai-nilai perlindungan lingkungan dapat ditanamkan (Marlinda, 2017, hal. 1). Sikap peduli terhadap lingkungan diartikan sebagai usaha untuk melestarikan, mencegah, dan memperbaiki kondisi lingkungan alam (Alatas, 2020, hal. 104). Implementasi dari sikap peduli lingkungan dapat diwujudkan dalam kurikulum pembelajaran (Marlinda, 2017, hal. 1).

Berdasarkan keseluruhan dari beberapa penelitian terdahulu dapat diketahui bahwa sudah banyak yang melakukan penelitian menggunakan aplikasi berbantuan aplikasi *PhET* untuk meningkatkan berbagai kompetensi untuk berbagai materi, salah satunya yaitu sebagai upaya kemampuan literasi sains peserta didik pada materi pemanasan global. Penelitian terdahulu dengan tema serupa yang merekomendasikan untuk menggunakan simulasi berbasis komputer, seperti *PhET*

simulations, untuk mengajarkan konsep-konsep ilmiah yang kompleks seperti efek rumah kaca (Ananda, 2019, hal. 120). Simulasi ini dapat membantu peserta didik untuk memahami konsep-konsep tersebut dengan cara yang lebih visual dan interaktif (Ananda, 2019, hal. 120). Namun, belum ada yang melakukan penelitian pengembangan bahan ajar yang berbasis aplikasi *PhET simulations* untuk meningkatkan kemampuan literasi sains dan keterampilan argumentasi ilmiah pada materi pemanasan global (Ananda, 2019, hal. 120).

Persamaan penelitian yang akan dikaji ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada jenis aplikasi simulai PhET yaitu sebagai media pendukung dalam proses pembelajaran, namun terdapat perbedaan dengan penelitian sebelumnya karena aplikasi simulai PhET ini disajikan di dalam suatu bahan ajar elektronik yang dapat dengan mudah diakses oleh peserta didik.

Maka berdasarkan masalah dan potensi yang sudah dijelaskan sebelumnya terdapat solusi yang ditawarkan yaitu dengan pengembangan bahan ajar elektronik dengan memanfaatkan aplikasi *Physics Education Technology (PhET) Interactive Simulation*. Sehingga dengan ini peneliti mengambil judul untuk penelitian yaitu **“Pengembangan Bahan Ajar Elektronik Berbasis Aplikasi *Physics Education Technology (PhET) Interactive Simulation* pada Materi Pemanasan Global untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Keterampilan Argumentasi Ilmiah Peserta Didik”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana kelayakan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi *physics education technology (PhET) interactive simulation* pada materi pemanasan global untuk meningkatkan literasi sains dan keterampilan argumentasi ilmiah peserta didik kelas X di SMAN 1 Pelabuhanratu?
2. Bagaimana keterlaksanaan pembelajaran menggunakan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi *physics education technology (PhET) interactive simulation* pada materi pemanasan global untuk meningkatkan literasi sains dan

keterampilan argumentasi ilmiah peserta didik kelas X di SMAN 1 Pelabuhanratu?

3. Bagaimana peningkatan literasi sains dan keterampilan argumentasi ilmiah menggunakan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi *physics education technology (PhET) interactive simulation* pada materi pemanasan global untuk peserta didik kelas X di SMAN 1 Pelabuhanratu?
4. Bagaimana kendala ketika menggunakan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi *physics education technology (PhET) interactive simulation* pada materi pemanasan global untuk meningkatkan literasi sains dan keterampilan argumentasi ilmiah peserta didik kelas X di SMAN 1 Pelabuhanratu?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan pada penelitian ini yaitu untuk menganalisis:

1. Kelayakan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi *physics education technology (PhET) interactive simulation* pada materi pemanasan global untuk meningkatkan literasi sains dan keterampilan argumentasi ilmiah peserta didik kelas X di SMAN 1 Pelabuhanratu.
2. Keterlaksanaan pembelajaran menggunakan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi *physics education technology (PhET) interactive simulation* pada materi pemanasan global untuk meningkatkan literasi sains dan keterampilan argumentasi ilmiah peserta didik kelas X di SMAN 1 Pelabuhanratu.
3. Peningkatan literasi sains dan keterampilan argumentasi ilmiah menggunakan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi *physics education technology (PhET) interactive simulation* pada materi pemanasan global untuk peserta didik kelas X di SMAN 1 Pelabuhanratu.
4. Kendala menggunakan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi *physics education technology (PhET) interactive simulation* pada materi pemanasan global untuk meningkatkan literasi sains dan keterampilan argumentasi ilmiah peserta didik kelas X di SMAN 1 Pelabuhanratu?

D. Manfaat Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat teoritis dan manfaat praktis, adapun penjelasannya secara rincinya diantaranya sebagai berikut.

1. Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis dapat memberikan kontribusi terhadap ilmu pengetahuan yang dikaji dalam kaitannya dengan temuan teori atau konsep baru, adapun manfaat teoritis yang diharapkan dari hasil penelitian ini yaitu sebagai berikut.

- a. Pengembangan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi *physics education technology (PhET) interactive simulation* pada materi pemanasan global dapat memberikan manfaat dalam meningkatkan literasi sains, karena dengan menggunakan aplikasi PhET, peserta didik dapat memahami konsep pemanasan global secara lebih baik dan interaktif, sehingga dapat meningkatkan pemahaman mereka tentang fenomena alam yang kompleks.
- b. Pengembangan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi *physics education technology (PhET) interactive simulation* pada materi pemanasan global dapat memberikan manfaat dalam meningkatkan keterampilan argumentasi peserta didik karena peserta didik dapat memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang konsep dan fakta ilmiah yang mendasari pemanasan global.

2. Manfaat Praktis

Manfaat secara praktis dapat memberikan solusi praktis atau suatu alternatif dari suatu masalah, adapun manfaat praktis yang diharapkan dari hasil penelitian ini yaitu sebagai berikut.

a. Guru

- 1) Pengembangan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET *interactive simulation* pada materi pemanasan global dapat membantu guru dalam mengajar dengan lebih efektif dan efisien, karena melalui penggunaan aplikasi PhET, guru dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik dan interaktif untuk peserta didiknya.
- 2) Bahan ajar dengan memanfaatkan aplikasi PhET juga dapat membantu guru dalam menghemat waktu dan biaya dalam pembuatan bahan ajar, karena

aplikasi PhET menyediakan simulasi interaktif yang siap digunakan secara gratis dan mudah diakses oleh guru dan peserta didik.

b. Peserta Didik

Mempercepat proses belajar dan pemahaman peserta didik dengan mengintegrasikan konsep sains dengan teknik visualisasi dan interaktivitas untuk materi pemanasan global.

c. Peneliti

- 1) Menambah ilmu pengetahuan dan memperluas wawasan tentang pengembangan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET pada *Smartphone Android*.
- 2) Meningkatkan kualitas bahan ajar elektronik dengan menggunakan aplikasi yang telah dirancang profesional dan disebarluaskan secara luas.

d. Sekolah

- 1) Sekolah bisa menggunakan jenis bahan ajar baru untuk meningkatkan literasi sains dan kemampuan argumentative peserta didik.
- 2) Menambah wawasan dalam upaya meningkatkan kreativitas dan semangat kualitas pendidikan.

E. Definisi Operasional

Definisi operasional dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Bahan ajar yang dikembangkan menggunakan metode *Research and Development* dengan mengacu pada model 3D yang terdiri dari tiga tahapan. Bahan ajar yang dikembangkan berbasis *smartphone android* dengan aplikasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan aplikasi *physics education technology (PhET) interactive simulation* yang di dalamnya terdapat salah satu simulasi yang bernama simulasi *the greenhouse effect*. Simulasi ini menampilkan analisa yang memperlihatkan perubahan suhu global, serta menampilkan emisi gas rumah kaca yang mempengaruhi pemanasan global.
2. Literasi sains pada penelitian adalah nilai yang diperoleh dari instrumen berupa pilihan ganda yang mencakup aspek kompetensi, pengetahuan, konteks dan sikap, yang mengacu pada PISA 2018.

3. Keterampilan argumentasi nilai yang diperoleh dari instrumen berupa soal esai yang mengacu pada teori yang dikemukakan oleh Toulmin yang terdiri dari klaim (kesimpulan, proposisi, atau pernyataan), data (bukti yang mendukung klaim), bukti (penjelasan tentang kaitan antara klaim dan data), dukungan (asumsi dasar yang mendukung bukti), kualifikasi (kondisi bahwa klaim adalah benar), dan sanggahan (kondisi yang menggugurkan klaim). Semua indikator tersebut disebut dengan indikator *Toulmin's Argument Pattern* (TAP) sesuai capaian pembelajaran fisika fase E di kurikulum merdeka.
4. Materi pemanasan global yang digunakan pada penelitian ini yaitu mencakup konsep pemanasan global, penyebab pemanasan global, dampak pemanasan global, solusi mengatasi pemanasan global, yang berdasarkan pada Tujuan Pembelajaran yang mengacu sesuai capaian pembelajaran fisika fase E di kurikulum merdeka.

F. Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang memiliki topik serupa dengan judul penelitian yang diangkat, diantaranya yaitu sebagai berikut.

1. Penelitian yang menghasilkan bahan ajar fisika berbasis inkuiri kategori valid untuk meningkatkan literasi sains peserta didik sekolah menengah untuk materi hukum Newton tentang gerak dan gravitasi. Indikator yang digunakan meliputi kemampuan menyajikan fakta, konsep, prinsip, teori, dan model, serta mengilustrasikan penggunaan asumsi dalam ilmu sains. Kekurangannya termasuk rendahnya muatan aspek literasi sains dalam buku ajar fisika yang umum digunakan. Rekomendasinya mencakup pengembangan bahan ajar berbasis inkuiri yang lebih memperhatikan aspek literasi sains dan keterampilan argumentasi peserta didik (Deswita, 2018, hal. 153).
2. Penelitian memperoleh hasil bahwa bahan ajar berbasis literasi sains materi gelombang cahaya sangat layak digunakan dalam kegiatan belajar mengajar untuk peserta didik kelas XI pada materi gelombang cahaya. Indikator yang digunakan meliputi kelayakan isi, penyajian, kebahasaan, kegrafisan, dan muatan aspek-aspek literasi sains. Kekurangan bahan ajar terletak pada kurangnya keterkaitan konsep yang dibahas dengan konsep sebelum atau

setelahnya, serta kurangnya detail dalam penjelasan materi. Rekomendasinya adalah meningkatkan keterkaitan konsep dalam bahan ajar serta memberikan penjelasan yang lebih detail untuk memperbaiki kekurangan tersebut (Sugianto, 2018, hal. 52).

3. Penelitian ini memperoleh hasil bahwa penggunaan bahan ajar berbasis *socio-scientific issues* pada materi pemanasan global dapat signifikan meningkatkan kemampuan literasi sains siswa dari tingkat rendah menjadi cukup untuk kelas VII F di SMPN 1 Pamekasan. Indikator yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tes dan dokumentasi. Kekurangan dari penelitian ini adalah kemampuan literasi sains awal siswa yang sangat rendah. Rekomendasi yang diberikan adalah bagi pembaca yang tertarik mengembangkan bahan ajar berbasis socio-scientific issues perlu memperhatikan kemampuan membaca atau literasi siswa agar dapat menjawab soal tes literasi sains dengan baik (Nazilah, 2019, hal. 8).
4. Penelitian yang menjelaskan bahwa instrumen tes yang dikembangkan valid dan reliabel untuk mengukur keterampilan argumentasi ilmiah yang menggunakan indikator keterampilan argumentasi ilmiah yang terdiri dari klaim, data, dasar, dan dukungan dalam konteks laboratorium mikrobiologi kepada mahasiswa pendidikan biologi semester 5 di Cirebon, Jawa Barat,. Kekurangannya termasuk ukuran sampel yang relatif kecil dan kurangnya informasi tentang efektivitas instrumen tes dalam konteks pembelajaran mikrobiologi yang lebih luas. Rekomendasinya adalah untuk menggunakan instrumen tes ini dalam penelitian yang menilai keterampilan argumentasi ilmiah dalam laboratorium mikrobiologi (Roviati, 2020, hal. 1).
5. Hasil penelitian diperoleh bahwa sebagian besar peserta yang terdiri dari 60 mahasiswa pendidikan biologi yang mengambil mata kuliah Biologi Umum di Universitas Sriwijaya hanya mampu menghasilkan klaim, baik secara tertulis maupun lisan, dengan beberapa peserta kesulitan dalam menyajikan pernyataan yang baik. Indikator keterampilan argumentasi yang digunakan meliputi klaim, data, jaminan, dukungan, dan sanggahan. Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah masalah ekosistem pada materi ekologi. Kekurangan

utama yang ditemukan adalah sebagian besar peserta kesulitan dalam mengaitkan informasi kunci dengan data dan fakta. Rekomendasi dari penelitian ini adalah perlunya pengembangan keterampilan argumentasi ilmiah baik secara lisan maupun tertulis melalui pengenalan cara berargumen secara ilmiah yang baik kepada mahasiswa (Anwar, 2019, hal. 1).

6. Penelitian yang memperoleh hasil bahwa terdapat perbedaan dalam keterampilan argumentasi ilmiah dari 54 peserta didik kelas XI di dua sekolah menengah di Malang berdasarkan kemampuan akademik untuk materi virus. Indikator keterampilan argumentasi yang digunakan meliputi klaim, data, alasan, dukungan, kualifikasi, dan penolakan. Kekurangan penelitian ini termasuk minimnya keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran dan kurangnya pemahaman materi. Rekomendasinya mencakup penggunaan materi pembelajaran yang sesuai dan model pembelajaran inovatif untuk meningkatkan keterampilan argumentasi peserta didik (Novianti, 2019, hal. 1).
7. Penelitian ini memperoleh hasil bahwa peningkatan keterampilan argumentasi peserta didik kelas XI sekolah menengah Boyolali melalui penerapan teknik tanya jawab guru dan penilaian argumentative untuk materi Sistem Muskuloskeletal dan Sistem Ekskresi. Indikator keterampilan argumentasi yang digunakan meliputi kemampuan siswa dalam memberikan alasan, mengaitkan konsep dengan fenomena, dan menyusun argumen yang konsisten. Kekurangan dari penelitian ini mungkin terletak pada ukuran sampel yang terbatas dan fokus pada satu topik pembelajaran tertentu. Rekomendasi dari penelitian ini adalah perlunya melibatkan lebih banyak subjek penelitian, meluasnya cakupan materi pembelajaran, dan penggunaan metode penelitian yang lebih variatif untuk mendukung temuan yang lebih komprehensif (Kristianti, 2018, hal. 1).
8. Hasil penelitian memperoleh data bahwa model pembelajaran *Argument-Driven Inquiry efektif* dalam meningkatkan keterampilan berargumentasi ilmiah peserta didik kelas 11 di SMA Negeri 5 Malang dengan materi pembelajaran mengenai laju reaksi kimia. Indikator keterampilan argumentasi ilmiah yang digunakan meliputi *claim, data, warrant, backing, dan rebuttal*. Kekurangan penelitian ini adalah fokus pada satu topik materi saja dan hanya dilakukan di

satu sekolah. Rekomendasinya adalah untuk melibatkan lebih banyak sekolah dan variasi materi pelajaran agar hasilnya lebih representative (Anindita, 2020, hal. 57).

9. Penelitian yang menjelaskan bahwa pengembangan modul pembelajaran dengan simulasi PhET dapat meningkatkan motivasi dan hasil belajar peserta didik kelas X SMA/ MA dalam pelajaran kimia. Kekurangan pada penelitian ini yaitu kurangnya pembahasan terkait hasil penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya dan kurangnya informasi terkait metode penelitian yang digunakan. Rekomendasi dari penelitian ini disarankan untuk lebih mendalami penelitian terdahulu terkait penggunaan PhET dalam pembelajaran kimia dan memberikan informasi lebih detail tentang proses penelitian (Sa'diyah, 2023, hal. 459).
10. Penelitian yang menjelaskan bahwa terdapat perbedaan pemikiran kritis dalam keterampilan siswa ketika menggunakan PhET pada kelas eksperimen dan kelas kontrol untuk materi termodinamika (Anjani, 2023, hal. 239). Kekurangan dari penelitian ini adalah kurangnya informasi tentang faktor-faktor lain yang mungkin memengaruhi peningkatan keterampilan berpikir kritis selain penggunaan PhET. Selain itu, penelitian ini hanya dilakukan di satu sekolah, sehingga generalisasi hasilnya mungkin terbatas (Anjani, 2023, hal. 239). Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya adalah melibatkan lebih banyak sekolah dan siswa sebagai sampel untuk meningkatkan generalisasi hasil. Selain itu, penelitian dapat mempertimbangkan untuk memasukkan survei atau wawancara dengan siswa dan guru untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang pengalaman mereka dalam menggunakan PhET dan dampaknya terhadap keterampilan berpikir kritis (Anjani, 2023, hal. 239).
11. Penelitian yang menjelaskan bahwa pemanfaatan PhET sebagai alat bantu pembelajaran dapat meningkatkan tingkat motivasi dan keterampilan pemecahan masalah siswa MIA kelas XII dalam mata pelajaran fisika (Susilawati, 2022, hal. 1157). Kekurangan dari penelitian tersebut mungkin termasuk ukuran sampel yang relatif kecil, yang dapat membatasi generalisasi temuan. Selain itu, penelitian ini mungkin juga kurang mendalami faktor-faktor

lain yang dapat memengaruhi motivasi belajar dan keterampilan pemecahan masalah siswa, penelitian ini juga kurang mendalami perbandingan langsung antara penggunaan media simulasi PhET dengan metode pembelajaran konvensional (Susilawati, 2022, hal. 1157). Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya dapat mencakup peningkatan ukuran sampel untuk memungkinkan generalisasi temuan, serta penelitian yang lebih mendalam tentang faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi motivasi belajar dan keterampilan pemecahan masalah siswa (Susilawati, 2022, hal. 1157).

12. Penelitian yang menjelaskan bahwa pengembangan modul elektronik berbasis kontekstual menggunakan aplikasi *Flipbook* dapat meningkatkan hasil belajar fisika siswa kelas XI di salah satu SMA di Indonesia pada materi pemanasan global. Namun, terdapat kekurangan pada evaluasi modul yang belum sepenuhnya memfasilitasi siswa untuk bekerja di rumah dan mengetahui nilai mereka secara langsung. Oleh karena itu, peneliti merekomendasikan agar modul tersebut dikembangkan secara online dan evaluasi modul dirancang agar siswa dapat bekerja di rumah dan langsung mengetahui nilai mereka (Susanti, 2020, hal. 541).
13. Penelitian yang menjelaskan bahwa penggunaan simulasi PhET dapat meningkatkan kinerja siswa SMA dalam memahami topik fisika, khususnya dalam elektrodinamika. Namun, penelitian ini juga menunjukkan bahwa perbedaan kinerja antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen tidak signifikan secara statistik. Kekurangan dari penelitian ini adalah tidak adanya perbedaan signifikan dalam kinerja antara kelompok kontrol dan eksperimen, serta fokus pada satu topik fisika tertentu. Rekomendasi dari penelitian ini adalah integrasi yang lebih baik dari teknologi pendidikan dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik (Jayanagara, 2023, hal. 105).
14. Penelitian yang menjelaskan bahwa penggunaan simulasi interaktif PhET dapat meningkatkan pencapaian siswa kelas 11 di sebuah sekolah menengah di Malaysia dalam fisika (Najib, 2022, hal. 73). Kekurangan pada penelitian ini yaitu memiliki keterbatasan dalam hal ukuran sampel dan jumlah sekolah yang

terlibat, Oleh karena itu penelitian lebih lanjut dengan ukuran sampel yang lebih besar dan melibatkan lebih banyak sekolah dapat dilakukan untuk memperkuat temuan ini (Najib, 2022, hal. 73). Rekomendasi dari penelitian ini adalah untuk mengintegrasikan PhET simulation dalam kurikulum fisika dan meningkatkan penggunaan teknologi dalam proses pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep fisika (Najib, 2022, hal. 73).

15. Penelitian yang menjelaskan bahwa penggunaan media simulasi PhET dalam pembelajaran fisika dapat membantu peningkatan yang signifikan untuk siswa kelas X MIPA SMA 9 Muaro Jambi dalam memahami konsep-konsep fisika, khususnya konsep listrik statis, dengan lebih baik (Ismalia, 2022, hal. 20). Kekurangannya adalah bahwa masih ada sekolah yang belum mengetahui tentang media simulasi ini. Rekomendasi dari penelitian tersebut adalah penggunaan teknologi dan inovasi dalam proses pembelajaran fisika serta peningkatan penggunaan media simulasi PhET (Ismalia, 2022, hal. 20).
16. Penelitian yang menjelaskan bahwa penggunaan model pembelajaran inkuiri yang didukung oleh simulasi PhET memiliki dampak positif terhadap peningkatan yang signifikan dari hasil belajar fisika dan keterampilan berpikir kritis, terutama pada kemampuan inference, interpretasi, evaluasi, dan self-regulasi untuk siswa kelas X IPA (Ardisa, 2022, hal. 262). Kekurangannya meliputi keterbatasan jam pelajaran fisika, kurangnya minat siswa dalam pembelajaran fisika, serta kesulitan siswa dalam memahami materi fisika dan menyelesaikan masalah matematika terkait fisika (Ardisa, 2022, hal. 262). Rekomendasinya adalah menggunakan model pembelajaran inkuiri dengan dukungan simulasi PhET dan memperbaiki fasilitas laboratorium serta media pembelajaran. Subjek penelitian ini adalah peserta didik (Ardisa, 2022, hal. 262).
17. Penelitian yang menjelaskan bahwa penerapan laboratorium virtual PhET dan laboratorium fisik secara efektif meningkatkan hasil belajar kognitif siswa kelas XI SMA Negeri 2 Pekanbaru pada materi Elastisitas dan Hukum Hooke (Zulkifli, 2022, hal. 401). Kekurangannya adalah kesulitan siswa dalam mengoperasikan alat-alat yang ada di laboratorium virtual PhET (Zulkifli, 2022,

hal. 401). Rekomendasinya adalah mengintegrasikan kedua jenis laboratorium sebagai bagian dari pembelajaran fisika. Subjek penelitian ini adalah peserta didik (Zulkifli, 2022, hal. 401).

18. Penelitian yang menjelaskan bahwa pengembangan alat pembelajaran berbasis inkuiri terbimbing dengan bantuan simulasi PhET memiliki efektivitas, praktikabilitas, dan validitas dalam peningkatan motivasi belajar siswa kelas X SMA Kemala Bhayangkari 1 Surabaya. serta hasil belajar secara signifikan (Trisviati, 2022, hal. 522). Kekurangan terdapat dalam hal pembelajaran terdahulu yang masih mengandalkan powerpoint dan lembar kerja dari guru (Trisviati, 2022, hal. 522). Rekomendasi dari penelitian ini adalah untuk mengintegrasikan PhET simulation dalam pembelajaran untuk meningkatkan motivasi belajar dan hasil belajar peserta didik (Trisviati, 2022, hal. 522).
19. Penelitian yang menjelaskan bahwa penggunaan model pembelajaran *discovery learning* berbantuan simulasi PhET dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa kelas XI di SMAN 1 Sape dalam memahami konsep fisika (Ilmi, 2022, hal. 34). Kekurangannya mungkin terletak pada kurangnya informasi mengenai pengaruh faktor lain yang dapat memengaruhi hasil penelitian. Rekomendasinya adalah untuk melibatkan lebih banyak variabel yang mungkin memengaruhi hasil penelitian untuk lebih memperjelas dampak dari metode pembelajaran yang digunakan.
20. Penelitian yang menjelaskan bahwa penggunaan media PhET *Simulation* dalam pembelajaran fisika pada materi suhu dan kalor dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa kelas 11 di SMA Y Serang Banten (Haryadi, 2020, hal. 1520). Kekurangan dari penelitian ini adalah bahwa hanya dilakukan pada dua kelas di satu sekolah, sehingga generalisasi hasil penelitian ini perlu dilakukan dengan hati-hati (Haryadi, 2020, hal. 1520). Rekomendasi dari penelitian ini adalah agar guru-guru fisika dapat mempertimbangkan penggunaan media PhET *Simulation* dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa (Haryadi, 2020, hal. 1520).

Sintesis dari beberapa artikel yang sudah dijelaskan pada penelitian terdahulu dapat secara ringkas menjelaskan bahwa terdapat beberapa kelebihan terkait

penggunaan simulasi PhET dalam pembelajaran yang dapat meningkatkan berbagai kompetensi peserta didik diantaranya motivasi, hasil belajar, dan pemahaman konsep fisika peserta didik. Kelebihan yang dapat diketahui dari penelitian terdahulu bahwa literasi sains peserta didik dapat ditingkatkan melalui pengembangan bahan ajar berbasis inkuiri untuk materi Hukum Newton, gelombang cahaya, dan pemanasan global. Kelebihan lainnya juga dapat diketahui dari penelitian terdahulu bahwa keterampilan argumentasi ilmiah dapat ditingkatkan melalui metode pembelajaran tertentu seperti teknik tanya jawab guru dan model pembelajaran *Argument-Driven Inquiry*.

Kekurangan yang dapat diringkas dari hasil beberapa penelitian terdahulu bahwa pengembangan bahan ajar yang dirancang masih kurang keterkaitannya dengan konsep untuk menjelaskan materi secara detail. Kekurangan lainnya yaitu beberapa riset memiliki keterbatasan terkait ukuran sampel dan fokus pada topik atau sekolah tertentu, yang membatasi generalisasi hasilnya. Kekurangan yang lainnya juga yaitu dalam hal kemampuan literasi sains awal peserta didik yang menjadi tantangan dalam beberapa penelitian, sehingga diperlukan pendekatan pembelajaran yang lebih efektif.

Kebaruan dalam penelitian terdahulu dapat diketahui bahwa pengembangan bahan ajar yang mengintegrasikannya dengan teknologi, seperti simulasi PhET dan aplikasi *Flipbook*, yang merupakan langkah maju dalam pendidikan sains. Kebaruan lainnya yaitu pada beberapa penelitian berfokus pada pengembangan keterampilan kritis seperti literasi sains, argumentasi ilmiah, dan pemecahan masalah, yang relevan dengan kebutuhan pendidikan abad ke-21. Serta kebaruan yang lain dapat diketahui bahwa penggunaan bahan ajar yang berbasis pada isu sosio-ilmiah untuk materi pemanasan global, menunjukkan pendekatan pembelajaran yang lebih aplikatif dan relevan dengan isu dunia nyata.

Kesimpulan yang dapat diringkas dari hasil penelitian terdahulu bahwa penelitian dalam pendidikan sains terutama fisika ini berdampak positif terhadap pendidikan yang lebih interaktif, berbasis inkuiri, dan teknologi. Meskipun terdapat beberapa kekurangan seperti keterbatasan sampel dan detail materi, tetapi terdapat kelebihannya seperti peningkatan literasi sains dan keterampilan argumentasi

menunjukkan kemajuan penting. Kebaruan dalam penggunaan teknologi dan fokus pada keterampilan abad ke-21 menjanjikan untuk masa depan pendidikan sains. Rekomendasi umum meliputi perluasan sampel penelitian, peningkatan keterkaitan konsep, dan integrasi yang lebih luas dari teknologi pendidikan dalam kurikulum.

G. Kerangka Berpikir

Pembelajaran abad 21 lebih menekankan pada pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam pendidikan (Shafie, 2019, hal. 24). Maka peran guru, peserta didik, dan media pembelajaran sangat erat kaitannya dalam proses pembelajaran. Proses pembelajaran merupakan kegiatan yang sangat penting dalam pendidikan formal (Harefa, 2023, hal. 240). Guru sebagai pendidik tidak selalu memberikan ceramah atau tugas kepada peserta didik, tetapi harus mampu memotivasi peserta didik dan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menemukan pengetahuannya sendiri (Mashudi, 2021, hal. 93). Jadi, peran media pembelajaran sangat penting dalam membantu peserta didik memahami isi materi agar lebih mendalam (Wulandari, 2023, hal. 3928).

Media pembelajaran merupakan alat yang membantu guru dan peserta didik memahami konsep-konsep sulit (Wulandari, 2023, hal. 3928). Salah satu mata pelajaran tersebut adalah fisika, yang mencakup banyak konsep kompleks seperti pemanasan global. Banyak peserta didik yang kesulitan memahami konsep pemanasan global, padahal erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari, seperti efek rumah kaca, dan akibatnya literasi sains mereka menurun (Chusni, 2024, hal. 226).

Studi pendahuluan dilakukan melalui uji tes literasi sains dan keterampilan argumentasi ilmiah kepada peserta didik kelas X di SMAN 1 Pelabuhanratu. Tes literasi sains menggunakan instrumen berupa soal esay yang sudah divalidasi oleh ahli konten, diperoleh rata-rata hasil tes literasi sainsnya yaitu 12% berada dalam kategori kurang sekali, yang focus pada aspek pada konten, konteks, dan sikap. Tes keterampilan argumentasi kepada peserta didik kelas X di SMAN 1 Pelabuhanratu menggunakan instrumen berupa soal pilihan ganda yang sudah divalidasi oleh ahli konten dan memperoleh hasil tes sebesar 23% masih dalam kategori kurang sekali yang focus pada indikator keterampilan argumentasi berdasarkan model *Toulmin*

yang terdiri dari klaim (kesimpulan, proposisi, atau pernyataan), data (bukti yang mendukung klaim), bukti (penjelasan tentang kaitan antara klaim dan data), dukungan (asumsi dasar yang mendukung bukti), kualifikasi (kondisi bahwa klaim adalah benar), dan sanggahan (kondisi yang menggugurkan klaim), sebagai upaya agar Tujuan Pembelajaran (TP) dapat tercapai.

Studi pendahuluan dilakukan juga kepada guru fisika dan peserta didik kelas X SMAN 1 Pelabuhanratu melalui metode wawancara diketahui bahwa bahan ajar yang digunakan bersumber dari buku paket dari beberapa penerbit, atau bahan ajar yang dibuat sendiri oleh guru yang berisikan materi, contoh soal dan penyelesaian, soal pilihan ganda dan uraian, namun peserta didik dapat menyelesaikan soal hanya dengan menuliskan kembali materi yang telah disediakan guru sehingga kurang mengintegrasikan dengan indikator yang akan diukur atau ditingkatkan. Survey juga dilakukan kepada peserta didik kelas X di SMAN 1 Pelabuhanratu berupa pengisian angket kepemilikan *smartphone* melalui *Google Form*. Angket tersebut berisi beberapa pernyataan tentang kebermanfaatannya serta kepemilikan *smartphone* dalam kehidupan peserta didik, hasilnya diketahui bahwa peserta didik mayoritas 98% sudah mempunyai dan menggunakan *smartphone android*, namun masih kurang memanfaatkannya untuk mendukung proses pembelajaran terutama untuk praktikum fisika.

Kondisi ini menjadi peluang karena dalam era pendidikan abad ke-21 ini diharapkan para pendidik dapat mengintegrasikan dan mengaplikasikan teknologi dalam pengajaran, terutama dalam konteks fisika yang berkaitan dengan isu pemanasan global. Proses melaksanakan praktikum, sangat penting untuk memiliki media pendukung yang efektif untuk mencapai tujuan pembelajaran. Sebagai langkah yang bisa diambil adalah dengan merancang bahan ajar elektronik yang mendukung peserta didik dalam mengatasi tantangan saat menggunakan aplikasi simulasi PhET.

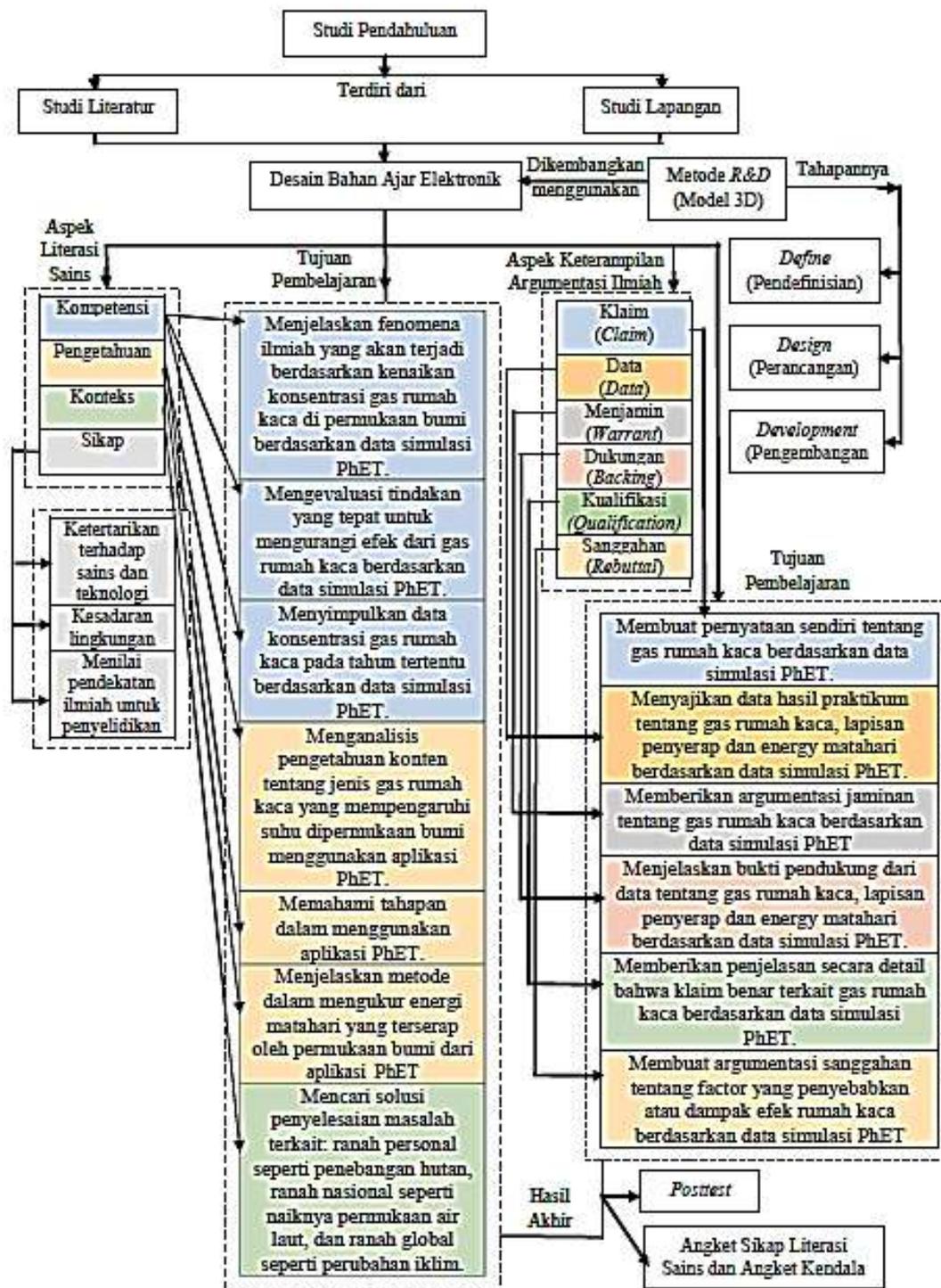
Bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET tersebut, dapat didukung melalui model pembelajaran *discovery learning*. Keunggulan model pembelajaran *discovery learning* dalam menunjang praktikum fisika (Khasinah, 2021, hal. 402), menggunakan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET diantaranya yaitu

melalui *discovery learning* peserta didik diajak untuk mencari solusi atas masalah-masalah fisika secara mandiri, hal ini memungkinkan peserta didik untuk mengembangkan keterampilan pemecahan masalah yang merupakan bagian penting dari literasi sains. Penggunaan data dan bukti dalam praktikum fisika dengan model pembelajaran *discovery learning*, mengajak peserta didik untuk mengumpulkan data, menganalisis hasil, dan menyimpulkan temuan mereka sendiri, sehingga membantu peserta didik untuk memahami pentingnya penggunaan bukti dan data dalam mendukung argumen ilmiah (Mabsutsah, 2022, hal. 2192).

Model pembelajaran *discovery learning* selain memiliki beberapa keunggulan, tetapi terdapat juga kelemahannya yang perlu diperhatikan ketika digunakan dalam pembelajaran praktikum fisika dengan bahan ajar berbasis aplikasi PhET untuk meningkatkan literasi sains dan keterampilan argumentasi ilmiah diantaranya yaitu waktu yang diperlukan lebih lama daripada model pembelajaran lainnya, hal ini dapat menjadi kendala dalam konteks praktikum fisika yang memiliki batasan waktu tertentu (Karimah, 2023, hal. 862).

Proses perancangan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET ini dikembangkan menggunakan metode *Research and Development (R&D)* dengan model 3D yang terdiri dari *Define* (Pendefinisian), *Design* (Perancangan) dan *Development* (Pengembangan). Bahan ajar elektronik ini juga mengintegrasikan antara aspek literasi sains yang terfokus pada konten, konteks, dan sikap, serta indikator keterampilan argumentasi berdasarkan model *Toulmin* yang terdiri dari klaim (kesimpulan, proposisi, atau pernyataan), data (bukti yang mendukung klaim), bukti (penjelasan tentang kaitan antara klaim dan data), dukungan (asumsi dasar yang mendukung bukti), kualifikasi (kondisi bahwa klaim adalah benar), dan sanggahan (kondisi yang menggugurkan klaim), sebagai upaya agar Tujuan Pembelajaran (TP) dapat tercapai. Data yang digunakan untuk menyusun materi ajar ini diperoleh melalui pengambilan dan analisis data terhadap peserta didik kelas X di SMAN 1 Pelabuhanratu.

Sebagai cara untuk mengatasi masalah ini, solusinya dapat diilustrasikan dengan diagram alur pada Gambar 1.1 sebagai berikut.



Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir

Materi pemanasan global yang dapat diukur melalui literasi sains pada aspek konteks menggunakan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET, dengan mengacu pada indikator-indikator diantaranya dalam ranah pribadi yaitu mampu

menganalisis solusi pemanasan global melalui upaya ramah lingkungan, dalam ranah nasional yaitu mampu menganalisis dampak pemanasan global terhadap lingkungan, dan dalam ranah global yaitu mampu menganalisis dampak pemanasan global terhadap perubahan iklim (PISA, 2018, hal. 97).

Aspek konteks pada indikator ranah pribadi yaitu mampu menganalisis solusi pemanasan global melalui upaya ramah lingkungan, melalui bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET dapat digunakan untuk mengilustrasikan konsep-konsep yang terkait dengan tindakan ramah lingkungan, seperti penggunaan energi terbarukan, pengelolaan limbah, dan konservasi sumber daya alam. peserta didik dapat memanipulasi variabel dalam simulasi, peserta didik dapat melihat dampak dari tindakan-tindakan ini terhadap lingkungan secara langsung (Merta, 2020, hal. 224).

Aspek konteks pada indikator ranah nasional yaitu mampu menganalisis dampak pemanasan global terhadap lingkungan, melalui bahan ajar berbasis aplikasi PhET juga memungkinkan peserta didik untuk memahami dampak dari berbagai kegiatan manusia terhadap lingkungan (PISA, 2018, hal. 97). Peserta didik dapat menggunakan simulasi untuk menjelajahi konsep seperti polusi udara, pencemaran air, dan kerusakan habitat. Peserta didik dapat menggunakan simulasi untuk mengamati proses pelepasan emisi gas dari industri mempengaruhi kualitas udara terhadap lingkungan, atau proses limbah dari pabrik dapat mencemari sungai dan laut (Limiansih, 2020, hal. 786).

Aspek konteks pada indikator ranah global yaitu mampu menganalisis dampak pemanasan global terhadap perubahan iklim, melalui bahan ajar berbasis aplikasi PhET dapat membantu peserta didik memahami konsep perubahan iklim dengan cara yang lebih konkret. Peserta didik dapat menggunakan simulasi untuk menjelajahi faktor-faktor yang memengaruhi iklim, seperti emisi gas rumah kaca, perubahan suhu laut, dan deforestasi. Mengamati proses variabel-variabel ini berinteraksi dalam simulasi, peserta didik dapat mengembangkan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana aktivitas manusia berkontribusi terhadap perubahan iklim global (Sakti, 2021, hal. 86).

Materi pemanasan global yang dapat diukur melalui literasi sains pada aspek kompetensi menggunakan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET, dengan mengacu pada indikator-indikator yaitu: Indikator menjelaskan fenomena secara ilmiah, melalui bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET, individu dapat menjelajahi konsep pemanasan global secara interaktif (Lasminawati, 2019, hal. 8). Peserta didik dapat menggunakan simulasi untuk memahami radiasi matahari diabsorpsi dan dipancarkan kembali oleh atmosfer, serta peningkatan konsentrasi gas rumah kaca memengaruhi suhu global. Maka, peserta didik dapat menjelaskan fenomena pemanasan global secara ilmiah dengan lebih baik.

Aspek kompetensi pada indikator mengevaluasi dan merancang inkuiri ilmiah, yaitu individu dapat menggunakan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET untuk mengevaluasi model simulasi yang digunakan dalam konteks pemanasan global. Peserta didik dapat mempertimbangkan keakuratan model tersebut dalam mendeskripsikan fenomena yang diamati di dunia nyata, dan menganalisis kelebihan serta kekurangannya (Lasminawati, 2019, hal. 8). Aplikasi PhET juga memungkinkan individu untuk merancang inkuiri ilmiah, peserta didik dapat menyesuaikan parameter dalam simulasi untuk menguji tentang faktor-faktor yang memengaruhi pemanasan global, seperti konsentrasi gas rumah kaca atau peningkatan radiasi matahari.

Aspek kompetensi pada indikator menginterpretasi data dan bukti secara ilmiah (Izzatunnisa, 2019, hal. 50), yaitu individu dapat menggunakan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET untuk menginterpretasikan data yang dihasilkan dari simulasi. Peserta didik dapat menganalisis grafik suhu global dari waktu ke waktu, membandingkan pengaruh variasi parameter, dan menarik kesimpulan tentang perubahan kondisi simulasi memengaruhi pemanasan global. Selain itu, peserta didik dapat membandingkan hasil simulasi dengan data pengamatan nyata tentang suhu global, emisi gas rumah kaca, atau perubahan pola cuaca.

Materi pemanasan global yang dapat diukur melalui literasi sains pada aspek pengetahuan menggunakan bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET, dengan mengacu pada indikator-indikator yaitu: Pengetahuan konten, melalui bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET individu dapat memperoleh

pengetahuan tentang konsep-konsep dasar pemanasan global seperti efek rumah kaca, peningkatan suhu global, dan perubahan pola cuaca (Murdani, 2020, hal. 72). Peserta didik dapat menjelajahi simulasi yang menggambarkan interaksi antara radiasi matahari, atmosfer, dan permukaan Bumi, serta perubahan dalam konsentrasi gas rumah kaca yang dapat mempengaruhi suhu global. Aplikasi PhET dapat membantu individu memahami mekanisme di balik pemanasan global, termasuk proses seperti absorpsi radiasi inframerah oleh gas-gas rumah kaca dan peningkatan efek insulasi atmosfer.

Pengetahuan prosedural yaitu individu dapat memperoleh pengetahuan prosedural tentang cara menggunakan simulasi dalam konteks pemanasan global (Wiratman, 2023, hal. 463). Peserta didik dapat belajar cara mengatur parameter simulasi, mengamati hasilnya, dan mengeksplorasi tentang faktor-faktor tertentu memengaruhi suhu global dalam model tersebut (Suyuti, 2023, hal. 2). Penggunaan aplikasi PhET dapat mengembangkan keterampilan individu dalam menganalisis data dengan mengevaluasi output simulasi, mengidentifikasi pola, dan memahami implikasi dari hasil simulasi tersebut terhadap pemanasan global.

Pengetahuan epistemik yaitu penggunaan aplikasi PhET dalam konteks pemanasan global dapat membantu individu memahami metode ilmiah yang digunakan untuk memodelkan dan memahami fenomena alam (Listiani, 2023, hal. 43). Peserta didik dapat belajar tentang validitas model dan simulasi, serta batasan dalam memprediksi perilaku sistem yang kompleks seperti iklim bumi. Aplikasi PhET memungkinkan individu untuk merenungkan pemahaman peserta didik tentang pemanasan global, mengevaluasi kesesuaian model simulasi dengan data pengamatan nyata, dan mengembangkan pemahaman tentang kompleksitas dan ketidakpastian dalam memahami fenomena iklim.

Materi pemanasan global yang dapat diukur melalui literasi sains pada aspek sikap, dengan mempertimbangkan indikator-indikator yaitu: Ketertarikan terhadap sains dan teknologi, individu dapat terlibat dalam eksplorasi interaktif tentang konsep-konsep ilmiah yang mendasari pemanasan global (Sumanik, 2021, hal. 23). Penggunaan simulasi yang menarik dan interaktif dapat menarik minat mereka terhadap sains dan teknologi. Dengan menggunakan aplikasi PhET,

individu dapat menemukan konsep-konsep sains baru secara mandiri, seperti efek rumah kaca atau mekanisme perubahan suhu global. Hal ini dapat memperkuat ketertarikan peserta didik terhadap sains dan teknologi secara keseluruhan.

Kesadaran lingkungan, melalui bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET dapat membantu meningkatkan kesadaran lingkungan dengan memungkinkan individu untuk mengamati dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan, seperti peningkatan suhu global akibat emisi gas rumah kaca. Hal ini dapat meningkatkan pemahaman peserta didik tentang pentingnya menjaga keseimbangan lingkungan (Nugroho, 2022, hal. 22).

Menilai pendekatan ilmiah untuk penyelidikan, melalui bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET, individu dapat mengalami secara langsung pendekatan ilmiah yang digunakan untuk menyelidiki fenomena alam, seperti pemanasan global. Peserta didik dapat melihat cara ilmuwan merancang eksperimen, mengumpulkan data, dan menyimpulkan temuannya. Penggunaan aplikasi PhET dapat membantu individu memahami metode ilmiah yang digunakan dalam penelitian tentang pemanasan global, termasuk perancangan eksperimen, analisis data, dan penarikan kesimpulan berdasarkan bukti empiris (Alatas, 2020, hal. 104).

Materi Pemanasan Global dapat menjadi konteks yang kaya untuk meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah dengan memperhatikan aspek-aspek yaitu: Klaim, melalui bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET menyajikan klaim tentang konteks pemanasan global yang mencakup pernyataan tentang penyebab, dampak, atau solusi terkait perubahan iklim. Sebagai contoh, klaim bisa berupa pernyataan bahwa aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil, adalah penyebab utama pemanasan global. Klaim juga dapat berupa pernyataan tentang perlunya tindakan mitigasi atau adaptasi untuk mengatasi dampak pemanasan global.

Aspek data menjadi salah satu aspek yang terdapat pada keterampilan argumentasi ilmiah yang termuat dalam bahan ajar yang akan dikembangkan. Melalui bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET peserta didik dapat mempresentasikan bukti yang mendukung klaim tentang pemanasan global, seperti data suhu permukaan laut yang terus meningkat atau peningkatan emisi gas rumah

kaca. Ini membantu mereka memahami pentingnya bukti dalam membuat argumen ilmiah yang kuat (Deke, 2022, hal. 105).

Aspek bukti pada keterampilan argumentasi ilmiah yang termuat dalam bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET selain menyajikan data, membuat peserta didik untuk bisa menjelaskan hasil data tersebut terkait dengan klaim tentang pemanasan global. Misalnya, proses peningkatan suhu permukaan laut terkait dengan aktivitas manusia yang menghasilkan emisi gas rumah kaca (Zairina, 2022, hal. 37).

Aspek dukungan pada keterampilan argumentasi ilmiah yang termuat dalam bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET membuat peserta didik dapat mengidentifikasi asumsi yang mendasari data dan bukti yang peserta didik gunakan dalam mendukung klaim tentang pemanasan global (Siska, 2020, hal. 23). Contohnya, asumsi bahwa data suhu permukaan laut yang dikumpulkan secara konsisten dan akurat.

Aspek kualifikasi pada keterampilan argumentasi ilmiah yang termuat dalam bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET mengajak peserta didik untuk dapat mempertimbangkan kondisi terkait klaim tentang pemanasan global agar dapat dianggap akurat, hal ini membantu peserta didik dalam memahami kompleksitas isu pemanasan global dan meningkatkan kejelasan dalam berargumen secara ilmiah (Deke et al., 2022, hal. 105).

Aspek sanggahan pada keterampilan argumentasi ilmiah yang termuat dalam bahan ajar elektronik berbasis aplikasi PhET memiliki bagian yang memungkinkan peserta didik untuk mengidentifikasi kondisi atau memberikan argumen yang dapat menggugurkan klaim tentang pemanasan global dari sudut pandang yang berlawanan. Misalnya, mengajukan sanggahan bahwa data suhu global dapat dipengaruhi oleh faktor alami selain aktivitas manusia (Zairina, 2022, hal. 37).

H. Hipotesis

H_0 : Tidak terdapat perbedaan literasi sains dan keterampilan argumentasi ilmiah antara peserta didik yang belajarnya menggunakan bahan ajar

berbasis PhET dengan peserta didik yang belajarnya menggunakan pembelajaran konvensional/ ceramah.

H₁ : Terdapat perbedaan literasi sains dan keterampilan argumentasi ilmiah antara peserta didik yang belajarnya menggunakan bahan ajar berbasis PhET dengan peserta didik yang belajarnya menggunakan pembelajaran konvensional/ ceramah.

Atau

H₀ : $\mu_1 \neq \mu_2$

H₁ : $\mu_1 = \mu_2$

